

Fysikalisk analys av golfgreener



Bert Sandell, MSc.

Göteborg 2012-05-17

Projektarbete 15 hp

Kursblock Golfbanemanagement (60 hp)

Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Alnarp 2012

Fysikalisk analys av golfgreener

Physical golf green analysis

Sveriges lantbruksuniversitet, SLU

LTJ-fakulteten

Författare: Bert Sandell

Handledare: Kent Fridell, SLU, område landskapsutveckling

Examinator: Åsa Bench, SLU, område landskapsutveckling

Omfattning: 15hp

Nivå: G1F

Kurstitel: Projektarbete i Golfbanemanagement

Kurskod: TN0306

Utgivningsort: Alnarp

Utgivningsmånad och år: Juni 2012

Omslagsbild: Vreta Golfbana, Banchef Jens Henningsson tar ett USGA-prov efter en behandling med DryJect på en golfgreen

Serienamn: Självständigt arbete vid LTJ-fakulteten, SLU

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Golf, green, analys, SHC, Ksat, perkolation, genomsläpplighet, infiltration, mättad hydraulisk konduktivitet, åldrande, funktion, prestanda, packning, kompaktion, porvolym, respiration, textuell diskontinuitet, dräneringslager, siktkurva, fraktionsfördelning, mullhalt, fältmätning, laboratorieanalys, ASTM, USGA, SGF, F1815

FÖRORD

Jag har en bakgrund som civilingenjör och försöker i det här självständiga arbetet på AB-nivå utgå från ett konstruktionsperspektiv på en golfgreen när jag tillämpar mina kunskaper från utbildningen i golfbanemanagement på SLU Alnarp. Under 2011 har jag kunnat arbeta med några konkreta praktikfall dels på Mölndals GK, i samarbete med Botaniska Analysgruppen, och dels i min entreprenadverksamhet med vattenluftaren Dryject som injicerar sand i växtbädden där analys av golfgreener har varit ett naturligt moment.

Kent Fridell har varit ovärderlig vid skrivandet av den här rapporten. Först som kursledare för min utbildning i golfbanemanagement, sen som kollega när jag var forskningsassistent på SLU Alnarp, och nu som handledare och examinator för ett självständigt arbete där jag har fått stor inspiration från Kents magisterarbete om avvattning av växtbäddar för sportytor, tack Kent.

Stort tack för stöd även till Malin med familj, och tack till kollegor i branschen jag haft diskussioner med under arbetets gång; Christian Lundin, Kim von Essen, Martina Usoltseva, Kim Sintorn, Björn Gustavsson, Bo Göransson och anställda på analyserade golfanläggningar och fotbollsplaner.

/Bert

SAMMANDRAG

Många golfbanor i Sverige byggda på 1980- och 1990-talet, behöver bygga om sina greener för livslängden är begränsad. I beslutsunderlagen saknas ofta greenanalyser. De laboratorier som erbjuder standardiserade ackrediterade analyser av såbäddsmaterial, använder metoder som inte är direkt utvecklade för att studera en greens åldrande med ostörda prover. Analysen av det organiska materialet i golfgreener är starkt begränsad.

Några analysresultat från laboratorierna har så stora mätosäkerheter att nyttan av dem är tveksam. Vissa laboratorier har anpassat sina mätmetoder för ostörda prover, men det är ofta oklart på vilket sätt och hur stora felfaktorerna är. Dessutom ger mätmetoderna delvis missvisande resultat när det gäller porvolym, vilket är en av de viktigaste egenskaperna för en golfgreen, speciellt om konstruktionen inte följer United States Golf Associations (USGAs) rekommendationer.

Med egna mätningar kan man följa många av faktorerna för att få indikationer om behovet av djupare analys. Dessutom är det värdefullt med egna mätningar för att sätta dem i ett erfarenhetsmässigt perspektiv, samt kunna relatera dem till övriga omständigheter angående skötselbudget, yttre faktors inverkan och anläggningens spelmässiga belastning och slitage, vilket sällan ingår i laboratorieanalyser eller dess rådgivning.

I rapporten redovisas vilka egna mätningar som är fältmässigt enkla och nyttiga, samt lite rekommendationer diskuteras för att förstå hur en green är konstruerad och åldras.

ABSTRACT

Many golf courses built in Sweden end of last century, needs to renovate their greens due to limited life cycle. An analysis of the existing greens is rarely included in the fundamentals for the decision of investing in greens renovation. The laboratories with accreditation for analysis of root zone material, apply same methods for analysis of undisturbed soil samples, which are not developed for analysis of an ageing golf green. The analysis of organic material is very limited.

Some results have so much variation the benefit of the results is questionable. The procedure for analysis of undisturbed cores is not clear and the measurement of water retention is somewhat misleading regarding the actual aging of a golf green, especially when the greens are not designed according to the recommendations of USGA.

By using fairly simple methods hands on measuring methods, a superintendent could monitor the greens for early indications of the need for more thoroughly analysis. Field measuring are important to evaluate together with experienced based knowledge about local conditions, maintenance budget, history of amount of play and local weather conditions. Considerations often not included in laboratory analysis or counseling.

This report will show what hand on methods to use and how to use the result. Recommendations are discussed to understand how to analyze the design of a green and the aging of golf greens.

Innehåll

Förord

Sammanfattning

Abstract

1	Inledning.....	6
1.1	Bakgrund	6
1.2	Syfte och problemställning.....	6
1.3	Material och metod	7
1.4	Avgränsningar.....	7
2	Introduktion.....	8
2.1	Greenkonstruktioner	10
2.2	porvolym	14
2.3	Svenska golfgreener	16
2.4	En golfgreens åldrande.....	18
2.5	Bedöma en green i drift.....	26
2.6	USGA analys enligt ASTM	30
2.6.1	ASTM 1815	31
2.6.2	Mätosäkerhet ASTM 1815, 1632 och 1647.	33
2.6.3	Ostörda prover	35
2.7	Fältmätningar	39
2.7.1	Fältmässiga mätmetoder.....	39
2.7.2	Egna mätningar.....	43
3	Resultat.....	45
3.1	Fältmätning provad hos Mölndals GK	45
3.2	Djupanalys provad på Mölndals GK.....	47
4	Diskussion.....	50
4.1	Rekommendationer för analys av greenens funktion	50
4.2	Snabbanalys på en växtbädd	63
4.2.1	Vångavallen	64
4.3.2	Fotbollsarena X.....	64
4.3.3	Vreta Kloster GK	65

4.3.4	Bråvikens GK.....	66
4.3.5	Kärradals golfbana.....	67
5	Slutsatser	69
6	Referenser	71
7	Bilagor.....	76
7.1	Protokoll fältmätningar Mölndals GK.....	76
7.2	Utökat SGF greenprotokoll utökat	77
7.3	Exempel, USGA analys från Eurofins	78
7.4	Mätdata fukthalt green 27 Svalövs GK.....	81

1 Inledning

Många golfklubbar bygger om sina greener för att de inte längre fungerar. I beslutsunderlagen saknas i många fall analyser av greenernas fysikaliska egenskaper. Både Svenska Golf förbundet (SGF) och United States Golf Association (USGA) påpekar att man måste analysera greenerna för att fatta nyanserade beslut om eventuell renovering. Med en förenklad metod kanske greenanalys kan upplevas mer värdefullt och öka chansen att den genomförs.

1.1 Bakgrund

I flera hundra år har man spelat golf och puttat på greener byggda med enkla metoder. Sandig jord på en dränerad mark har länge fungerat bra. Men för ca femtio år sen blev det enligt Lunt (1956) uppenbart att dessa greener inte längre höll måttet på grund av packningsproblem. Golfare spelar mer, de blir allt fler, och vill spela året runt. Speciellt när dessa gamla greener är vattenmättade påpekar Holmes (1967) uppstår direkta skador. Slitaget varierar stort och den geografiska placeringen har givetvis stort inflytande på antalet spelade rundor. Samaranayake (2009) fann att greengrässets utseende mer påverkades av slitaget än greenens packning. Samma erfarenheter fanns i Sverige, och Karlsson (1996) påpekar att slitage och packning i ytan är det som mest påverkar grässets funktion.

I USA utvecklades en växtbädd i olika lager (textuell diskontinuitet) som populärt kallas "USGA green". Det är enligt Li (2001) den hittills överlägset mest tillämpade konstruktionen för en golfgreen. Helst vill man bygga hela golfanläggningen med en sådan växtbädd men med 50 ha gräsytor blir det för kostsamt (SGF 2010).

Även i Sverige har golfen följt samma mönster och många banor med jordgreener är redan renoverade. Sen 1975 har mer än 300 golfbanor anlagts i Sverige och dessa behöver i de flesta fall renovera sina greener eller kraftigt höja skötselbudgeten.

"När sedan 80- och 90-talets golfboom i Sverige kom byggdes de flesta banorna billigt, enkelt och i och med detta med en lägre kvalitet" (SGF 2010).

Fram till för ca fem år sen var det enkelt att hitta finansiering, och det behövdes inte mycket analys för att bestämma sig för att bygga om greenerna. Idag är det betydligt svårare att låna pengar till renoveringar och medlemmar byter lätt klubb om det skall göras nya kapitalinsatser. Därför blir det allt viktigare med en korrekt analys av greenernas funktion för att kunna åtgärda problem, förlänga livslängden och i god tid planera ombyggnader.

I den här rapporten beskrivs hur man kan göra egna analyser i fält, vilka laboratorieanalyser som är värdefulla och hur man utvärderar den greenkonstruktion man har.

1.2 Syfte och problemställning

Frågeställningar:

Är analysmetoder för såbäddsmaterial lämpliga för utvärdering av en golfgreen?

Går det att förenkla standardiserade analyser av USGA greener?

Målsättning:

Ge rekommendationer för markfysikaliska analysmetoder av svenska greener

Arbetet ska kartlägga vilka kriterier som behöver analyseras för att förstå hur en golfgreen åldras, och arbetet ska diskutera vilka värden för dessa parametrar och andra villkor som indikerar att en golfgreen har passerat "bäst-före-datum".

Mätmetoder diskuteras som ersättning för och komplement till att skicka analyser till laboratorier, för att hitta enkla fältmässiga metoder som inte förlorar för mycket information jämfört med laboratorieanalyser.

1.3 Material och metod

En litteraturstudie har genomförts för att kartlägga hur greener är konstruerade, faktorer som påverkas vid åldrandet av en golfgreen, vilka analysmetoder som är tillgängliga och vilka egna mätningar som är praktiskt möjliga. Golfförbundets rekommendationer har studerats och vanliga orsaker till renoveringar och har sammanställts.

En fältstudie genom kartläggning av greenernas fysikaliska egenskaper hos Mölndals golfklubb i två faser genomförs:

- inledningsvis har en fältmässig kartläggning genomförts, med egna mätningar, okulära bedömningar och insamling av erfarenhetskunskap.
- I den andra fasen genomfördes laboratorieanalyser för att förtydliga, verifiera, komplettera och djupstudera greenerna.

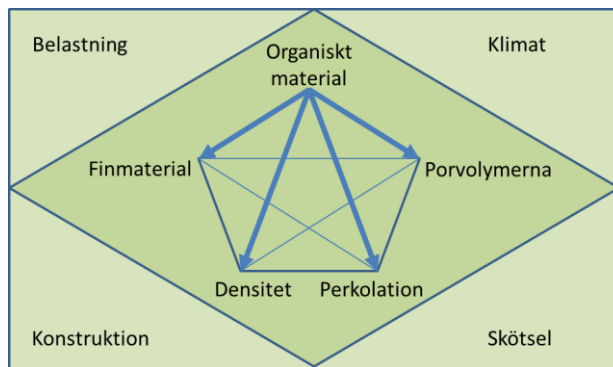
I samband med att några sportytor (greener och fotbollsplaner) jordförbättrats med Dryject (odaterad) har prover för markanalys tagits. Dessa analyser är samma laboratorieanalyser som ingår i denna rapport, vilket gör det möjligt att även diskutera den omvända förenklade arbetsgången: först laboratorieanalys av en enstaka växtbädd, sen tolkning och kompletterande fältmätningar som underlag för beslut om åtgärder.

Slutsatserna bygger på en explorativ och hermeneutisk metod.

1.4 Avgränsningar

En komplett kartläggning av en golfanläggning kan inkludera verksamhetsanalys, ekonomiska aspekter, sportliga faktorer, yttre miljöfaktorer, arkitektonisk utformning, biologiska och markkemiska förhållanden.

För att förstå orsakerna till en greens åldrande bör även slitage, yttre stress och skötselmetoder undersökas, vilket inte ingått i detta arbete.



Figur 1: Mullhalten har samband med många faktorer i en greenanalys och påverkas lokalt av omständigheter.

Den här undersökningen avgränsas till markfysikaliska aspekter för greenerna, vilket innebär att mängden organiskt material överst i växtbädden och dess samband med andra faktorer inte kommer att klargöras i detta arbete. Mikrobiologisk aktivitet kan enligt Nelson (2003) vara den enskilt största faktorn för att gräsplantan ska klara den stress plantan utsätts för med tanke på slitage, trafik, minimala klipphöjder och låga näringsnivåer för att få snabba greener.

2 Introduktion

Livslängden för en golfgreen är enligt American Society for Golf Course Architects, ASGCA (2006), begränsad och påverkas av vilken konstruktion man valde, hur noga greenen byggdes, och hur underhållet/driftbudgeten har sett ut. Samt givetvis slitaget och belastningen.

Den stora mängd golfbanor som byggdes för 15-25 år sen börjar nu få problem med ökade driftkostnader för sin golfanläggning. Gräset är till stor del dött på våren, svampskadorna ökar, torrfläckar, alger och mossor, sättningar och det blir ospelbart i regnväder. Designen känns ibland omodern och även säkerhetsproblem behöver åtgärdas. Många banor klarar inte regnväder eftersom avvattningen var ett eftersatt område när det byggdes snabbt och billigt (SGF 2010).

Troligen har golfen varit så framgångsrik med långa medlemsköer att finansieringen av renoveringar inte betraktats som något problem. Nu ser situationen väldigt annorlunda ut, och det är inte självklart att lägga 6-16 Mkr (SGF 2010) på att renovera greenerna, åtminstone inte utan noggrant utredningsunderlag.

Många golfbanor vill renovera sina greener. Ibland av rent affärsmässiga skäl, kanske av spelmässiga orsaker eller för att de rent tekniskt inte fungerar längre. Vid mer löpande förändringar anlitar man ofta en arkitekt som tar fram en Masterplan som blir en bruttolista för vad som måste göras för att banan ska "bli bra". I andra fall går man mer metodiskt tillväga med utredningar, verksamhetsplaner och beslutsunderlag med ekonomiska livscykelkostnadskalkyler på årsmötet.

Finansieringen är idag inte lika enkel som för fem år sedan. Bankerna lånar inte ut pengar med banan eller verksamheten som säkerhet, få golfklubbar har fonderat medel för renoveringsprojekten, och medlemmarna måste ofta göra en kapitalinsats. Då har det blivit intressant att titta på vilka billigare alternativ som finns, för att minska kapitalinsatserna och undvika att medlemmarna väljer andra klubbar utan samma krav på kapitaltillskott.

Banutvecklingsgruppen ansvarar enligt Svenska Golfförbundet (2010) vanligtvis för att ta fram ett beslutsunderlag till utvecklingsplan och arbetar när det gäller greenområden främst med Svenska Golfförbundets greenutvecklingsprotokoll som bygger på erfarenheter publicerade av United States Golf Association (USGA).

USGA greener är den vedertaget bästa konstruktionen för en golfgreen, anses som standard vid renoveringar (SGF 2010). Det är testmetoderna American Standard for Testing of Materials (ASTM) 1815, 1632 och 1647 som rekommenderas av USGA (2004) för att bestämma ett såbäddsmaterials prestanda, vilket ofta kallas "USGA analys" i dagligt tal.

ASTM F1632-10: Standard Test Method for Particle Size Analysis and Sand Shape Grading of Golf Course Putting Green and Sports Field Rootzone Mixes

ASTM F1647-06: Standard Test Methods for Organic Matter Content of Athletic Field Rootzone Mixes

ASTM F1815-11: Standard Test Methods for Saturated Hydraulic Conductivity, Water Retention, Porosity, and Bulk Density of Athletic Field Rootzones

Hummel (1998) påpekar att golfbanor med bara två-tre månaders spelsäsong och mindre än 15000 spelrundor knappast kan motivera kostnaden för att bygga USGA greener.

Litteraturstudien redovisar vilka utvärderingsmetoder som erbjuds, hur greener har byggts i Sverige, vad som är viktiga parametrar att studera för en åldrande green och förenklade mätmetoder.

Restaurering är mer att återställa en bana i sitt ursprungliga skick, till skillnad från en renovering som ofta har ett bredare syfte. McCarty (2011) anger följande övergripande skäl att renovera och att be en arkitekt utarbeta en Masterplan:

- Förlänga banan eller spelstrategisk förbättring
- Utöka antalet golfhål
- Bristfällig konstruktion och/eller dränering
- Förstora tee, greener och dammar
- Underlätta speltempo med nya vägar för golfbilar
- Åtgärda kompaktion på tee och/eller greener
- Byta grässorter
- Återställa gräsytan efter stora skador ex vinterskador
- Ny sand och dränering i bunkrarna
- Ta bort träd som vuxit sig för stora

Att renovera gamla greener kan ibland vara betydligt svårare än att bygga nya. Hurdzan (2004) påpekar att då yttre omständigheter har skapat problem, kan det vara svårt att även med de mest grundliga undersökningar, hitta vad som verkligen är orsaken eller kombinationen av orsaker, och man riskerar bygga en ny green som fallerar inom kort igen.

James Moore (odaterad) hos USGA menar att analyser är nödvändiga inför beslut om renovering

"Given the problems with the rootzone, the ideal fix would have been to completely reconstruct the greens to USGA guidelines. However, this option was judged economically infeasible by the staff and guidance committee. The next step was to investigate renovation.

First we needed to accurately determine the make-up of the rootzone in the existing greens. Core samples were collected and submitted to a physical soil testing laboratory for analysis. The test results confirmed our visual assessment that the upper four inches of the rootzone had become severely layered and contaminated with very fine particles (including silt and clay). As a result of the layering, the upper four inches of the greens were retaining a high percentage of water, resulting in a poor balance between air-filled and water-filled porosity. This also explained the very slow infiltration rates noticed during irrigation and rainfall events."

Berggren (2010) menar att en hel del problem som åtgärdas och återkommer skulle behöva djupare analys för att ge bättre lösningsförslag på det specifika problemet.

En problemgreen på en golfbana kan ha den överlägset bäst greenbädden, men ett mikroklimat så dåligt att det aldrig går att få en acceptabel standard på greenen. Ofta ligger dessa greener i en pittoresk omgivning innejslad i skogen, med vattenhinder och är banans signaturhål. (ISTRG guidelines, odaterad).

En dagsaktuell orsak till diskussioner om renoveringar är enligt Scandinavia Turf and Environmental research Foundation (odaterad), EU:s och nationella myndigheters krav på reducerad användning av kemiska växtskyddsmedel. Vad kraven kommer att innebära är ännu inte helt klart, men en del tror att förbud mot växtskydd kommer att öka för golfbanor, och då får främst vitgröegreener problem med vinteröverlevnad och skador på våren, med kort spelsäsong och väldigt missnöjda medlemmar. Det verkar vara skäl nog i vissa fall att motivera en ombyggnad av greenerna.

Då även de enklaste formerna av renoveringar (exempelvis byta gräs på greenerna) kostar flera miljoner kronor, är det inte omrimligt att förväntas sig ett objektivet beslutsunderlag. Är det meningsfullt att så nytt gräs om problemen uppstått pga dålig dränering?

En golfbana blir aldrig klar. De flesta bankommittéer/anläggningsansvariga har en lista på åtgärder som banpersonalen kontinuerligt arbetar med. Ofta är listan ett ganska internt dokument som inte granskats av expertis, eller har tydlig kostnadsberäkning. Åtgärder som kan rymmas i löpande budget kanske heller inte förankras på årsmöten i egenskap av större ekonomiskt beslut.

2.1 Greenkonstruktioner

USGA greenen konstruktion är enligt Bigelow (2001) uppbyggd enligt grundprincipen för skikt med lager av olika grov sand (textuell diskontinuitet). Genom att skapa lager med olika växtbäddsmaterial påverkas vattnets rörelse genom marken och därmed växtbäddens vattenhållande förmåga, stabilitet, packningskänslighet, dränering osv vilket varit huvudtanken med den två lagers konstruktion som USGA förespråkade sen 1993. Baker (1997).

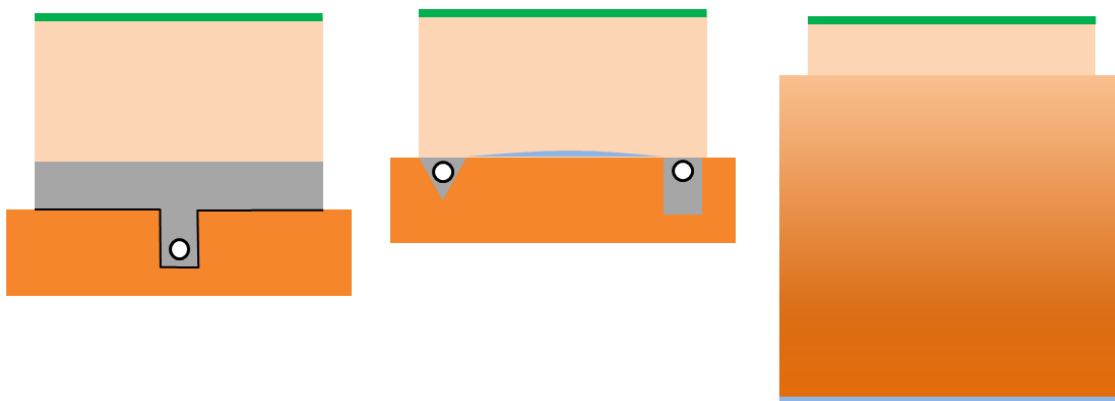
Antag ett fint material ovanpå ett grövre material, som när man sanddressar en golfgreen med för fint material. Vattnet infiltrerar den fina sanden och passerar genom den med en hastighet som motsvarar dess mättade hydrauliska konduktivitet (K_{sat}). När vattnet kommer till det grövre materialet, stoppas det och fortsätter inte neråt förrän det fina materialet är mättat och gravitationen orkar övervinna de kapillära krafterna i de största porerna i det fina materialet. Det gör

att bevattningsvatten ofta bara stannar i den övre delen som blir väldigt blöt och får brist på luftfyllda porer.

I en situation då ett grövre material ligger ovanpå ett finare material (ex, tätare skikt), infiltreras vatten snabbt och flyttas till botten på lagret ovan tätare skiktet. Här bromsas nu vattnets rörelse av den lägre genomsläppligheten i det finare materialet. Ett regn eller bevattning med högre intensitet än det fina materialets genomsläpplighet kommer att ackumuleras i det grövre materialet och när det är helt mättat bli till fritt vatten som rinner på ytan. När regnet slutar, infiltreras ytvattnet med den hastighet som genomsläppligheten i det finare materialet tillåter. Om det går för sakta är risken att ett nytt regnväder fyller på innan växtbädden hunnit få luft till rötterna för respirationen.

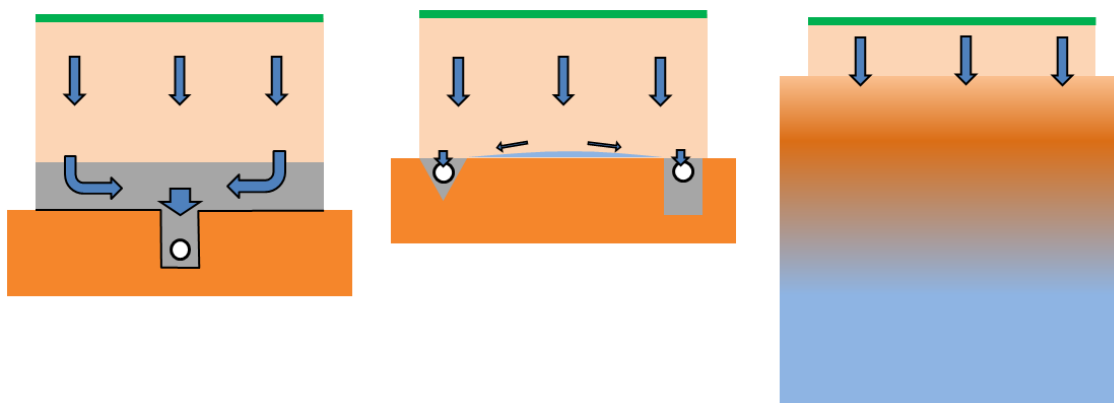
Greenerna kan delas in i tre typer, främst beroende på deras utnyttjande av kontextuell diskontinuitet:

- Kapillärbrytande dräneringslager
- Dränering av grundvatten
- Naturlig dränering



Figur 2: Typkonstruktioner textuell diskontinuitet (från vänster) Kapillärbrytande dräneringslager, Dränering av grundvatten, Naturlig dränering

Vattnets rörelser i de tre typgreenerna är speciellt intressant för fritt dränerande vatten och vid dräneringsjämvikt för att avgöra vattenhållande förmåga.

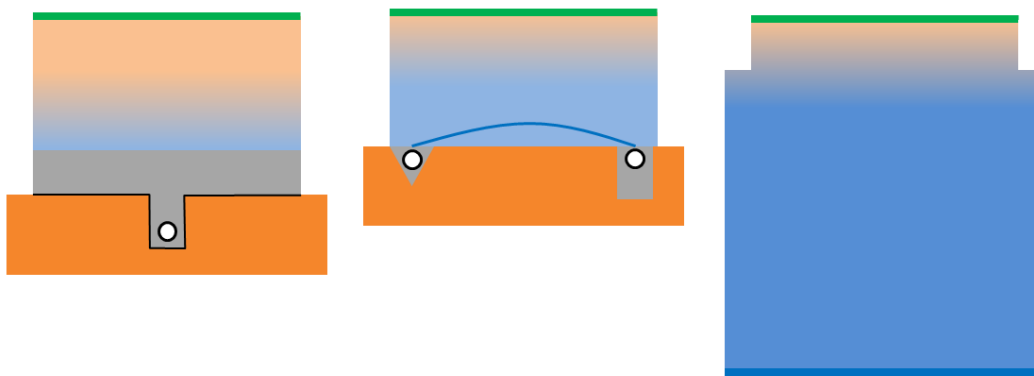


Figur 3: Typkonstruktionen avgör hur effektiv dräneringen är

En green med dräneringslager tar hand om mycket stora mängder vatten uppifrån, eller nedifrån genom horisontellt flöde i dräneringslagret. En dränering i med rör i gravar, diken eller spår, med några meters mellanrum, kräver att det fria vattnet rör sig genom växtbädden i sidled och det går betydligt långsammare vilket medför att en grundvattenyta med nollpotential bildas i botten på greenen. Den naturligt dränerande jorden med stort avstånd till grundvattnet är dimensionerad (eller vald på grund av sin naturliga förekomst, typ linksbanor i Storbritannien) för att inte behöva transportera fritt vatten i sidled. Det är markens buffrande förmåga som tar hand om överflödigt vatten.

Fridell (2011) visade att ET-värdet (Evapotranspiration – ET) har större inverkan på markfukten än avvattningen från dräneringsrören i dessa fall.

Vid dräneringsjämvikt visar de tre grundkonstruktionerna skillnader i hur vattnet hålls kvar.



Figur 4: Typkonstruktionen avgör hur mycket vatten som hålls kvar vid dräneringsjämvikt

Ett kapillärbrytande dräneringslager ger ett bestämt djup för undre delen av det kvarhållande vattnet, vilket är en stor fördel för skötsel och bevattning. Den grundvattendränerande greenen får en kapillärt mättad zon ovanför en grundvattenyta, som rör sig nedåt med tiden. Den naturligt dränerade greenen, håller kvar en mängd vatten beroende på tidigare fuktighetsnivå. Förändringen i vattenhalten är svårare att förutse, och sannolikt mer inhomogen.

Greenkonstruktioner som har dräneringslager är enligt Hummel (1998) och McCoy (2003) överlägsna när det gäller att avvatta det fria vattnet som perkolerar i en mättad växtbädd. Dräneringslagret har förmåga att snabbt transportera fritt vatten i sidled till dräneringsrören till skillnad från alla typer av täckdikningar, spårdräneringar etc där ett dräneringslager saknas, och transporten i sidled antingen sker i växtbädden eller i smala slitsar och spår. Dock kan dessa spår och slitsar magasinera vatten på ett praktiskt sätt under en kort period (exempelvis, så att ytvatten i mindre mängder försvinner), men avvattning går långsamt. Praktiska räkneexempel finns redovisade av (Fridell 2011).

Sedan 1960-talet har USGA haft rekommendationer för greenuppbyggnad, och USGA greenen är idag den vanligaste greenkonstruktionen (Berggren 2010).

En green ska enligt Espevig (2011) motstå kompaktering, den ska snabbt infiltrera vatten och dränera bort vattnet, den ska samtidigt behålla växttillgänglig fukt och ha en näringshållande förmåga. För att uppnå detta fokuserar kraven i USGA på sandens fraktionsfördelning, mättade hydrauliska konduktiviteten och den luftfyllda porvolymen.

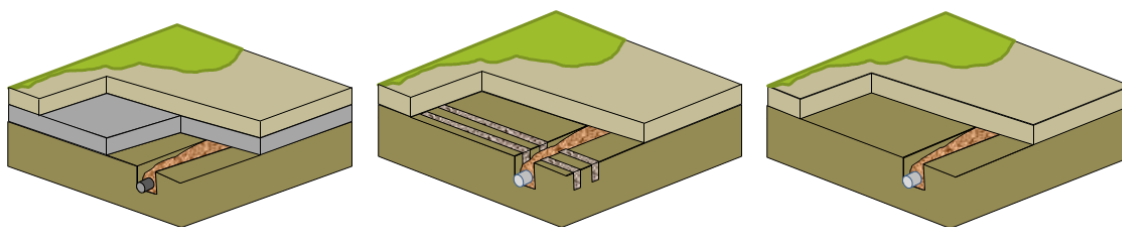
För att hålla näring och vatten och öka katjonsutbyteskapaciteten och mikrobiologisk aktivitet är det enligt Aamlid et al. (2005) lämpligt att tillsätta organiskt material i växtbädden i en USGA green. USGA har inga egenskapskrav för det organiska materialet, och godkänner sen 2004 även oorganiska tillsatser i växtbädden för att ersätta mull eller andra organiska material

Gamla jordgreener kallas Push-up och består enligt Holmes (1967) ofta av 1/3 lokal jordmån med 1/3 sand och 1/3 extra organiskt material. Då brukar de kallas för 1-1-1 greener. När dessa gamla jordgreener sanddressas kraftigt under flera år brukar de kallas för modifierade Push-up. Enligt Hurdzan (2004) utvecklades såbäddarna på 1950-talet genom att förändra sammansättningen, först av Davis på Purdue University till 2-1-1, sen av Garman som vill förbättra perkolationen och föreslog 7-1-2 och slutligen Lunt och Kunze som i förarbetet till USGA greenen angav 8-1-1 till 9-0.5-0.5 för såbädden.

Den tyska standarden för att bygga en golfbana, Research Society for Landscape Development and Construction (Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau, FLL) (2008) liknar mycket anläggnings-AMA i sin omfattning och flexibilitet och går att använda som komplett upphandlingsunderlag. Det är en samling krav som omfattar hela golfanläggningen, inklusive träningsområden. Standarden innehåller flera alternativ för greenkonstruktioner. Istället för att välja samma lösning i alla situationer, har standarden som syfte att välja lämplig konstruktion beroende på lokala förhållanden och individuella behov.

När grundvattenytan i en växtbädd utan kapillärbrytande dräneringslager sakta sjunker vid dränering, så har växtbädden ett område ovanför grundvattenytan som är kapillärt mättat men inte har fritt vatten. Den tyska standarden FLL utnyttjar detta för vatten- och näringshållande förmåga, och menar att en naturlig jord med K_{sat} minst 18 mm/h kan användas som underlag för en green av typ FLL K1. Det behövs då bara 12 cm växtbädd av en fraktionsfördelning liknande en USGA sand.

Fridell (2011) redovisar tabeller för vilka fraktioner som ger ungefär K_{sat} 18 mm/h samt hur stor den kapillära stighöjden är i olika jordar. Ur tabellerna kan en grov uppskattning visa att en fast lagrad finsand, sandig lättlera etc, med låg andel partiklar mindre än 0,1 mm ger K_{sat} ca 20 mm/h och en kapillär stighöjd på ca 400 mm. Det innebär att en FLL K1 har goda möjligheter att använda underliggande jord både för avvattning och som närings- och vattenhållande förråd. Det kommer att ställa krav på att styra markfukten noga och ha en god ytvattenavrinning, men de dimensionerande regnen i Skandinavien bör denna växtbädd klara regnen i stora perioder under spelsäsongen.



Figur 5: Tre konstruktionsalternativ beroende på behov enligt tyska standarden FLL. (från vänster) Konstruktionstyp K3, K2 och K1

En mycket billig push-up typ kallas K1, med 12 cm växtbädd kan klara många spelkrav enligt FLL. Då marken har tveksam stabilitet och grundvattensituation kan en slits och spårdränering förbättra

terrassen så att en 20 cm växtbädd passar. Om man blir tvungen att bygga i ett besvärligt område kan man använda K3 som är nästan identisk med en konstruktion enligt USGAs rekommendationer.

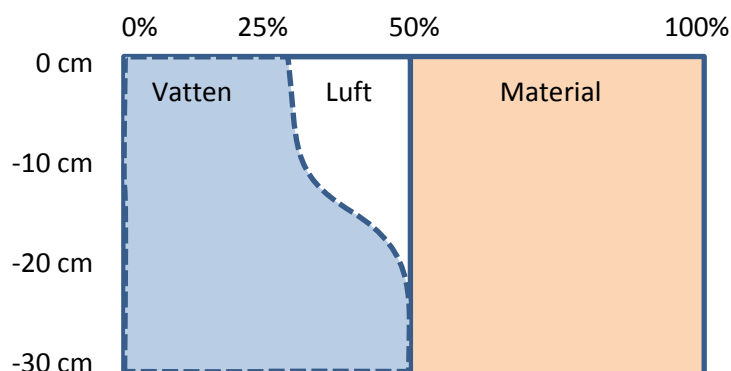
Många söker idag billigare alternativ till USGA greener och då kan FLL K1 och K2 vara lämpliga om förutsättningarna är gynnsamma och det passar verksamhetens behov.

2.2 porvolym

För att illustrera hur de olika grundprinciperna för greener fungerar, så är det lämpligt att studera porvolymsdiagrammet för olika situationer. Porvolymsdiagram för växtbäddar relevanta för golfgreeners och sportytor beskrivs ingående av Fridell (2011).

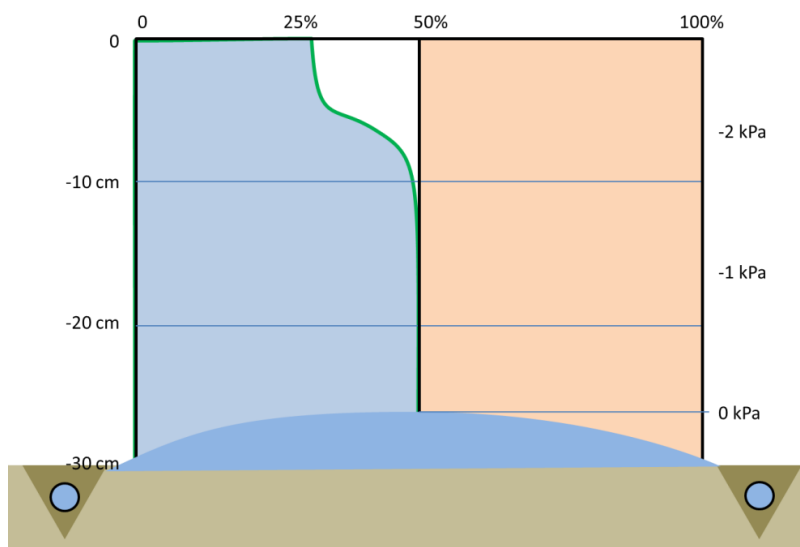
Om man börjar underifrån så skall grundvattnet inte få komma upp i växtbädden, och marken under green måste vara stabil. Dräneringslagret i en USGA green gör att grundvatten aldrig kan komma upp i växtbädden, här råder ett kapillärbrott. Samtidigt gör dräneringslagrets höga genomsläpplighet att allt fritt vatten som perkolerar genom växtbädden, snabbt kan transporteras i sidled i dräneringsgrusen till dräneringsrören för att avvattna greenen. Ovan dräneringslagret läggs såbädden som har ett finare material och det bildas ett kapillärbrytande gränsskikt så att en del vatten stannar kvar i den övre växtbädden och blir till växttillgängligt vatten. Samtidigt är växtbädden så djup och fraktionsfördelningen på materialet sådan att en del porer töms vid ytan så det även blir luftporer tillgängliga för rötter att växa och respirera i.

Man kan anta att porvolymsdiagrammet vid dräneringsjämvikt ser ut ungefär enligt följande:



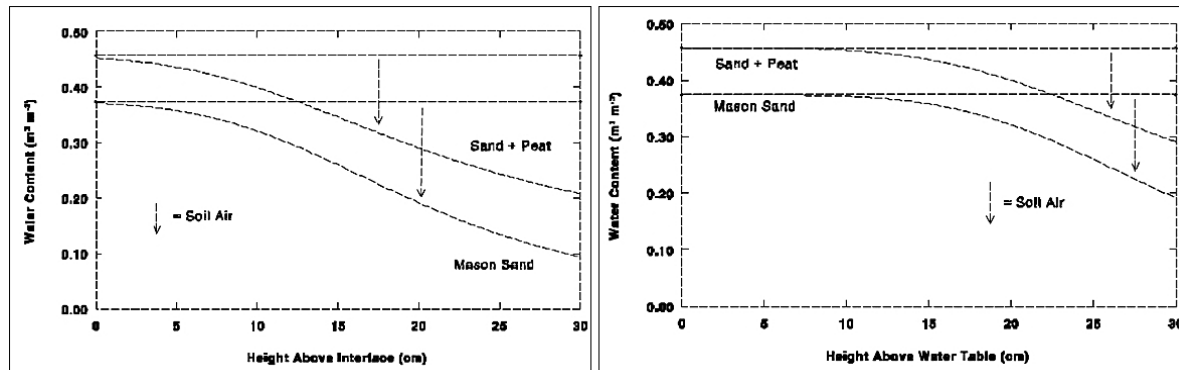
Figur 6: Porvolymsdiagram för en USGA green

En annan situation är greener uppbyggda enligt California Metoden. En sand ovanpå en plastfilm (eller ogenomsläpplig terrass) och dräneringsrör i gravar, men inget dräneringslager. Då bildas en grundvattenytan längst ner i växtbädden som kapillärt fuktar upp sanden ovanför och sakta sjunker då fria vattnet i grundvattenet rör sig i sidled mot dräneringsrören. Den fuktiga ytan ovan grundvattnet skiljer sig från den kvarhållande delen vatten i USGA greenen genom att vara kapillärt mättad i ett mycket större område, enligt följande:



Figur 7: Porvolumsdiagram för en green byggd enligt California Method,

McCoy (2003) har undersökt om denna gräns mellan dräneringslager och växtbädd verkligen ger en kapillärbrytning och anger det rimligaste är att det finns ett avvattande tryck på 1-1,2 kPa i gränsen mellan skikten. Bigelow (2001) mätte vattenhalten i de översta 80 mm i en green, och fann att ett prov som avvattnades med -3 kPa (30 cm avvattande tryck) överskattade mängden vatten i en green. Med -4 kPa fick man bättre överensstämmelse med den verkliga fuktigheten i greenen.



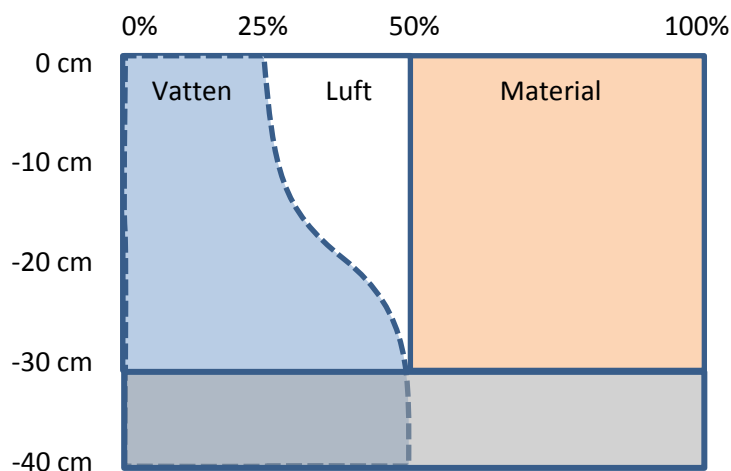
Figur 8: Kvarhållande vatten i en USGA såbädd med -40 cm avvattande tryck till vänster och -30 cm till höger. McCoy (odaterad)

Det är av stor betydelse, med tanke på att hela växtbädden i sig är 300 mm djup och porerna i ytan som man tidigare trott avvattnats med 30 cm avvattande tryck, i verkligheten avvattnas med 40-42 cm avvattande tryck. Med ett test enligt ASTM 1815-11 är resultat för andelen luftfyllda porer, ett värde som erhålls ca 25 cm upp från botten på dräneringslagret! Alltså till mitten i växtbädden och inte till ytan som man lätt tror när standarden anger 30 cm avvattande tryck och en växtbädd enligt USGA skall var 30 cm djup.

En green med kapillärbrytande dräneringslager har alltså en kapillär zon som är mindre än den zon som bildas ovan en grundvattenyta varav en stor del är kapillärt mättad. Det som kallas hängande

vattenbord börjar egentligen en bit ner i dräneringslagret eftersom McCoy (2003) visat att det finns ett avvattande tryck i gränsskiktet som tar bort en stor del mättat vatten i kapillärvattenzonen.

Det kvarvarande vattnet i en USGA green får inte samma porvolymkurva som i en California method green som får sitt kvarvarande vatteninnehåll från en grundvattenyta. Det avvattnade trycket ger ett verkligt porvolymsdiagram i en USGA green som ser ungefär ut så här:



Figur 9: Ett porvolymsdiagram för en USGA green som även omfattar dräneringslagret.

Det är alltså viktigt att analyserna av greenen tar med dräneringslagret för att få ett korrekt porvolymsdiagram för växtbädden.

2.3 Svenska golfgreener

Det flesta golfgreener som byggdes de första 50-60 åren i Sverige var push-up greener (SGF 2010).

Johansson (1996) skriver att Svenska Golf förbundet hade 1949 som rekommendation att greener anlades med 10-20 cm måttligt sandig jord, med 20-30 vol-% organiskt material. Om underliggande mark hade dålig genomsläpplighet, kunde dräneringsrör användas eller 7-10 cm grus myllas ner i marken. Tillsammans med Naturvårdsverket arbetade man i slutet av 70-talet fram nya beskrivningar på lämpligt underlag. Överst skulle man ha 20 cm sand där 5 cm mull frästes ned och under detta 10 cm grus.

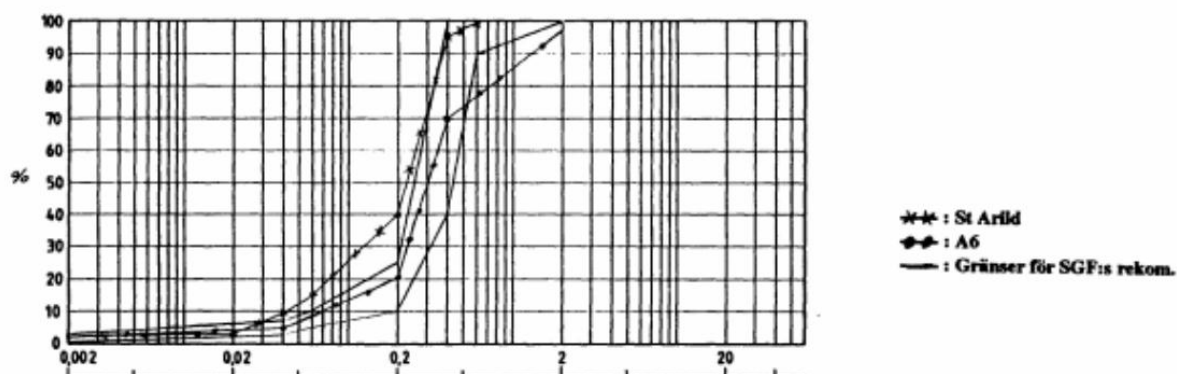
Den stora mängd golfbanor som byggdes under 1980- och 1990-talet, har denna typ av greener som ofta kallas 80:20 greener utifrån volymförhållandet mellan sand:mull i greenblandning.

USGA hade 1991 ungefär samma rekommendationer som SGF, dvs en aningen för fin dräneringsgrus (0-8 mm) vilket ändrades 1993 hos USGA och de svenska kraven på dräneringsgrus uppdaterades 1997 av SGF men det blev inte helt som USGA 1993. SGF rekommenderade ett helt lager med dräneringsgrus men det var något som ofta hoppades över. (Gustavsson, 2007)

Lundström (1992) beskriver hur greenerna på A6 byggdes, vilket är ett exempel på hur det gick till i verkligheten.

”A6: är byggd inom ett kuperat område och greenen ligger i en sluttning. Den har en yta av 700 m² och är anlagd på ett underlag av lerig mjäla. Ursprungligen var ungefär 10 % av greenytan ytlig berggrund. Vid anläggningen av greenen täcktes berget med lerig mjäla och därefter anlades den egentliga greenen ovanpå. Greenen är renoverad en gång (klar 1991) och vid ombyggnationen användes det gamla materialet på nytt istället för att använda verksblandat material. Detta har medfört att greenen inte fungerar helt tillfredsställande. Den troliga orsaken till detta är att mekaniska analysen visar att sandblandningen inte är helt optimal. Ler-, mo- och mullhalten överensstämmer väl med golfförbundets rekommendationer, men andelen mellansand är för låg och halterna av grus och grovsand är för höga.”

Fraktionsfördelningen i greenerna 1991 hos St Arilds GK och A6 GK, enligt Lundström (1992)



Figur 10: Fraktionsfördelningen hos såbädden 1991 i greener hos St Arilds GK och A6 GK. Källa, Lundström (1992)

SGFs skrift (2003) om rekommendationer för greenkonstruktion baseras på kraven i USGA från 1993. Det gör att skillnaderna mot USGA 2004 inte finns med i SGF nuvarande rekommendationer. Det är nog bara en administrativ eftersläpning, då SGF i nyare skrifter (SGF 2010) rekommenderar USGA greener och då underförstått den senaste revisionen. Läser man den svenska versionen från 2003 så finns alltså inte följande uppdateringar med som Moore (2004) sammanfattar:

- Istället för Ksat 150-300 mm/h eller 300-600 mm/h gäller nu minst 150 mm/h
- Växtbädden får variera +/- 25 mm mot tidigare bara hälften.
- Dräneringsgrusen har fått en vidare tolerans
- Uniformitetskoefficienten har ökats och tillåter mer varierade dräneringsgrus.
- Numera tillåts oorganiska tillsatser.
- Från 2004 är det även möjligt att använda platta dräneringsrör.

Svenska Golfförbundet arbetade fram skriften Så bygger vi om golfbanor, och undersökte nuläget på svenska golfbanor angående kvaliteten på ombyggnader och renoveringar. SGF (2010) fann ”att de största bristerna låg i upphandlingsunderlaget och i bristen på tekniska beskrivningar.”

Även Bennrup (2008) fann att entreprenörerna löste problem på plats och det saknas i de flesta fall dokumentation om hur byggnationen utfördes.

Resten av Skandinavien saknade rekommendationer för greenerna, även om Norge experimenterade i början av 90-talet med USGA greener. Man fann att de var för grova och inte höll näring och vatten

tillräckligt. Finland har länge rekommenderat att använda SGFs rekommendationer för greenkonstruktion. (Johansson 1996).

2.4 En golfgreens åldrande

Vanligen syns problemen när greenen inte fungerar. Ofta är det dräneringen som brister eller kompaktion och sättningar. Det kan märkas bl.a. i form av vatten som samlas på ytan, gräs med dålig tillväxt, korta rötter, svampangrepp, slitageskador, skalpering vid klippning, oönskade grössorter samt alger och mossor.

Jönsson (2011) menar att en green byggd enligt USGA rekommendationer är oändlig, förutsatt att den sköts rätt, men många vill ändå uppdatera efter 10-15 år för att hela tiden erbjuda en konkurrenskraftig golfbana. USGA (odaterad B) anger 20-25 år.

Funktionen hos en green har både fysikaliska, biologiska och markkemiska aspekter. En åldrande green har sällan markkemiska problem enligt Gaussion (2007). Det har visat sig att markkemiska värden har kunnat gå både upp och ner med tiden.

När en green åldras fann Gaussion (2007) att den kapillära porositeten ökade med 53-60%, den luftfyllda porositeten minskade 28-34%. Det får bl.a. effekten att perkolationen minskar 70-74% och rötterna får svårt att utvecklas. Den totala porositeten minskade 5-7% och skrymdensiteten med 4-6 %, och de hade stark korrelation. Ok et al (2003) fann minimala förändringar i bulkdensitet och total porositet på nästa fyra år gamla greener.

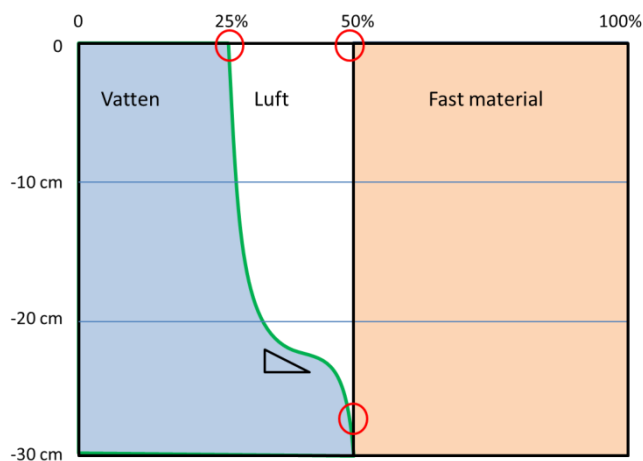
Ok et al (2003) och Murphy et al (1993) menar att stora förändringar i infiltrationen beror mest på ökad halt av organiskt material. Infiltrationen minskar enligt McCoy (1992) om den luftfyllda porositeten minskar.

Gaussion (2007) menar att det är vanligt att fint material från dressand ackumuleras i växtbädden och minskar infiltrationen. Ferro (2006) påpekar att ökat finmaterial ökar kvoten D90/D10 (enhetlighetsfaktor) och när den blir över 4, ökar risken för kompaktering och minskad infiltration. Finmaterial kan komma med vinden, silt i bevattningsvattnet och även från smutsig dressand. Ferro (2006) menar att de stora partiklarna i dressand har en tendens att samlas upp med klippaggregaten och lämna de fina fraktionerna kvar i ytan.

Greener som åldras under svenska förhållanden, undersöktes på Fullerö av Blombäck (2008). Resultaten motsvarade de amerikanska.

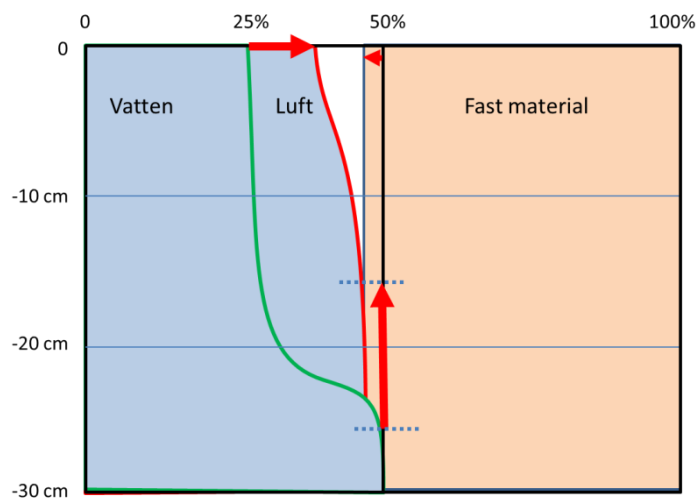
Ok et al (2009) redovisar stabiliserade värden för Ksat och porvolym efter 4 år och konstaterar att det stämmer med andra forskares resultat.

De faktorer som förändras vid en greens åldrande kan ritas in i porvolymdiagrammet enligt följande:



Figur 11: I porvolymdiagramet syns mätresultat för en greens prestation som är relevanta för en greens åldrande.

När de förändras i en åldrande golfgreen, rör de sig åt följande håll:



Figur 12: Förändringar hos mätvärden då en green åldras. Totala porvolymen minskar om packningen ökar. Luftfulla porer minskar då vattenhållande porer ökar och luftinträdningsnivån närmar sig ytan vid dräneringsjämvikt.

Bud White (2006) är agronom hos USGA och påpekar att många vill bygga om sina USGA greener redan efter 10-20 år. Ofta är det enligt White bara de översta 10 cm som "åldrats" och genom att torva av, jordförbättra och etablera nytt gräs kan man komma undan med 20 % av kostnaden för en större greenreovering.

Bell (2011) anser att 25 år för en USGA green är en rimlig livslängd om man har en god ytvattenavrinning och minskar mängden silt och fint material som kommer med vind, regn och bevattningsvatten.

Många orsaker motiverar reoveringar av greener. I beslutsunderlagen är vanligen nedanstående orsaker/problem mest baserade utifrån verksamhetens erfarenheter och inte lika ofta analytiska resultat. Ibland redovisas förändringar i funktionen, i andra fall fysikaliska egenskaper och dessutom diskuteras enskilt upplevda problem:

- Kompaktering av växtbädden
- Ökad halt av organiskt material
- Lägre mättad hydraulisk konduktivitet
- Skiktbildningar
- Sättningar
- Anaerobiska förhållanden
- Hydrofobicitet
- Svag övervintring
- Sjukdomsbenägna
- Kort spelsäsong
- Oönskade grässorter
- Dålig skottäthet/täckningsgrad
- Klarar ej sprutförbud
- Mossa, alger
- Dåligt rotdjup
- Få flaggplaceringar
- Stående vatten på ytan

För att analysera greenerna och kartlägga deras åldrande, är det vanligast att välja ut följande parametrar, vilka de flesta ingår i en USGA analys enligt testmetoderna ASTM 1815, 1632 och 1647:

- Fraktionsfördelningen
- Porvolym
- Bulkdensitet
- Mullhalt
- Mättad hydraulisk konduktivitet
- pH

Försöksgreenerna på Fullerö, som följdes upp under sex år, analyserades med ostörda prover (Blombäck 2008). Dessa mätvärde är de mest relevanta att utgå från och jämföra med.

Med en åldrande green, minskar andelen luftfyllda porer (större än ca 0,1 mm) (Blombäck 2008). De översta tio cm analyserades inte i Fulleröförsöken, vilket gör det svårt att jämföra med många av de senaste årens forskning (Casher 2005, Gaussion 2008) om greeners åldrande som har fokuserat den översta delen av växtbädden och utvecklingen av organiskt material.

En sak som skilde sig i försöken på Fullerö är att den mättade hydrauliska konduktiviteten stabiliserade sig med ökande ålder för alla försöksled oavsett mängden organiskt material. Slutsatsen var att genomsläppligheten mer beror på packningsgraden hos växtbädden.

Ungefär samma sak fann man även för rotutbredningen. Mycket torv vid etableringen gjorde att rötterna inte behövde söka sig så djup för att finna näring och vatten, men med åren så minskade den skillnaden och blev försumbar. (Blombäck 2008).

"Men allt eftersom att greenen åldras kommer dess egenskaper att ändras. Växtbädden packas av tramp, bollnedslag och fordonstrafik och markens innehåll av organiskt material kommer antagligen

att ändras. Beroende på hur växtbädden förändras kommer växtbäddens egenskaper att, mer eller mindre, skilja sig från de ursprungligen önskade.”(Blombäck 2008).

Rotutveckling visade motsägelsefulla resultat, och bedömdes beror på okontrollerat tillskott av regnvatten som störde försöken. I Blombäcks (2008) forskning om rotutveckling var inte bevattning och markfukt parametrar som studerades så det är svårt att följa upp.

I sin doktorsavhandling om skötsel av Brunven, påpekar Espevig (2011) att, innan nederbörd kunde kontrolleras på försöksytan (med ett skjutbart tak), hade växtbäddens egenskaper mer inverkan på rotutvecklingen än bevattningsstrategin.

Mull innehåller väldigt olika mycket luft beroende på varifrån den kommer (torv, kompost etc) och beroende på hur mycket den är humifierad/nedbruten (McCoy, odaterad)

	% by vol. organic amendment		
	10	20	30
	% by wt. organic content		
Sphagnum	1.6	2.5	3.4
Reed-sedge	3.7	5.4	7.1
Compost	2.3	3.6	5.5

	% by vol. organic amendment		
	10	20	30
	Ksat (cm/h)		
Sphagnum	10	10	28
Reed-sedge	8	10	5
Compost	11	14	39

Figur 13: Mullhalten i vikt-% är inte tillräcklig information för att avgöra om mängden organiskt material är för hög.

I USGA rekommendation för greenkonstruktion 1993 ändrade man från vol-% till vikt-% i sina rekommendationer av mullhalt, just för att det är så stor skillnad i volym mellan olika källor, menar Hummel (1993).

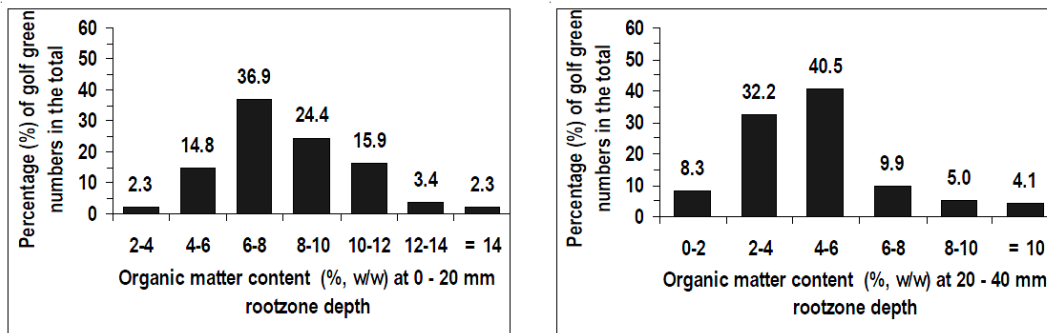
För att minska mängden organsikt material i greenen anges tre olika möjligheter: mekanisk bearbetning, utspädning med sand eller nedbrytning genom mikrobiologisk aktivitet (McCarty 2010).

Mekanisk bearbetning är relativt enkelt att räkna ut effekten av. Både hålpipning och vertikalskärning har tabeller för hur många procent av ytan som behandlas (ISTRC guidelines). Dannerberger (2005) påpekar att man ska vara noga med fuktigheten vid hålpipning (och luftning med solida pinnar) eftersom friktionen annars kan få oönskad kompaktion av växtbädden.

Utspädning med sand är mer oklar. Gaussion (2011) angav att 1 ton/100 kvm är en vanlig mängd i praktiken. Det ger ca 6-7 mm per år. Vavrek (1995) undersökte de långsiktiga effekterna av dressprogram och menar att slutsatserna inte är väl definierade.

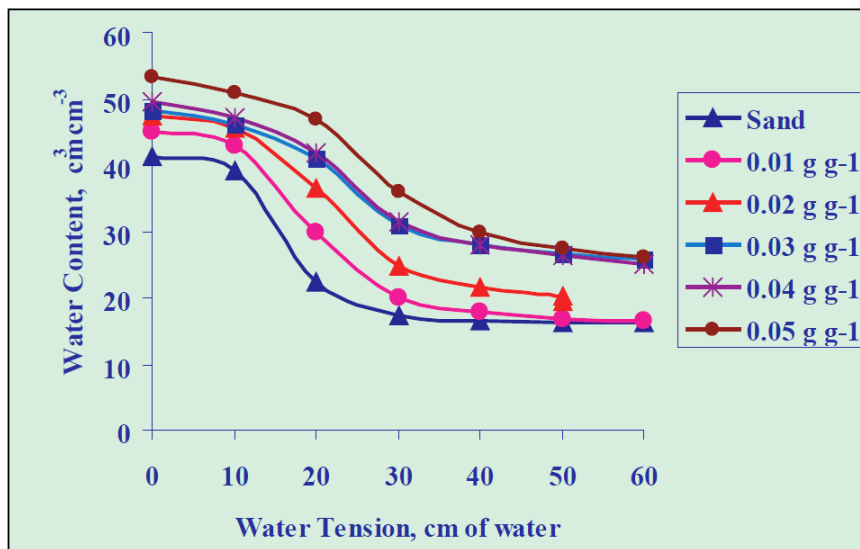
Nedbrytningshastigheten för greenbäddar med olika organiska material undersöktes av Blombäck (2008) genom inkubationsförsök. Det var stor skillnad på mull, kompost och några specialpreparat. Det var främst koldioxidutvecklingen som mättes för att avgöra biologiska aktiviteten. Bell (2011) påpekar att temperatur och fuktighet är avgörande för biologisk aktivitet. När temperaturen ökar på våren så gynnar det inledningsvis rotutvecklingen, och därefter vegetativ tillväxt. Det är enligt Bell först över ca 30 grader C som mikrolivet går på högvarv och tillväxten avstannar, som det kan bli tal om någon nettovinst avseende nedbrytning av organiskt material.

Det organiska materialet undersöktes på 173 greener av Liu (2004) på sammanlagt 28 banor i Nya Zeeland.



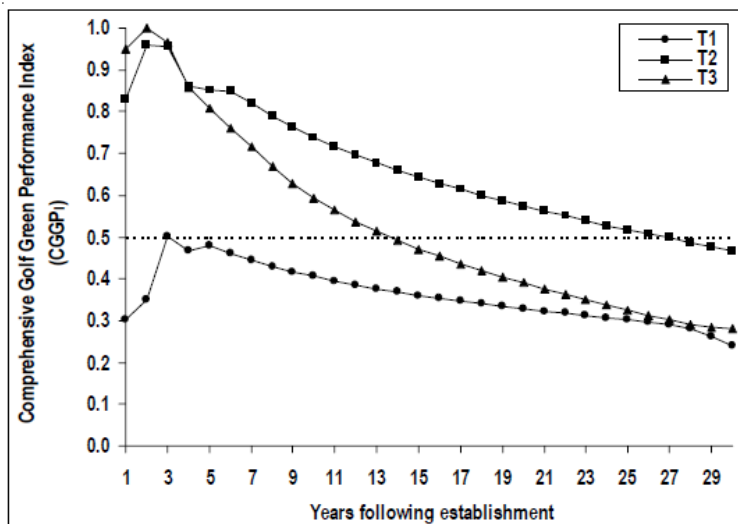
Figur 14: Mullhalten i greener på Nya Zeeland har betydligt högre värden än vad som rapporterats i Europa och USA. (Liu 2004)

Mängden organiskt material i växtbädden har ett tydligt samband med vattenhållande förmågan enligt Chong (2006).



Figur 15: Valet av mängden mull påverkar direkt porvolymerna i ett såbäddsmaterial. (Chong 2006)

Liu (2004) undersökte lägsta acceptabla nivån för en golf green under förhållanden som råder i Nya Zeeland.



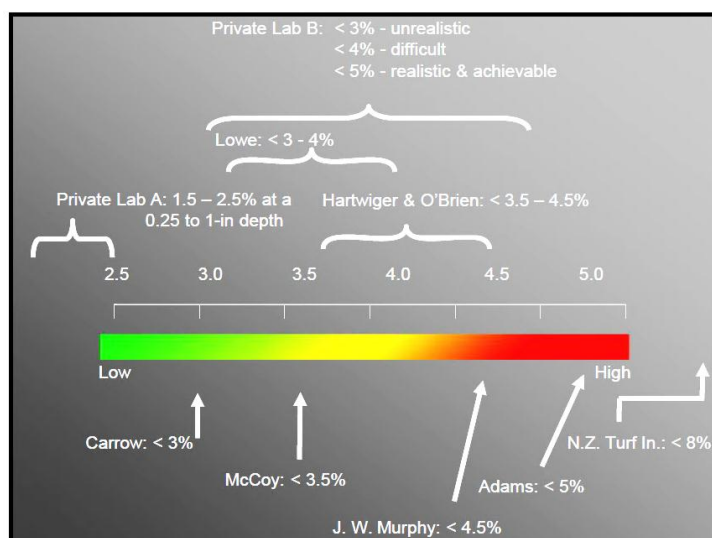
Figur 16: Olika jordars livslängd enligt CGGPI, Liu (2004)

Den prickade linjen anges som lägsta acceptabla nivån. De olika växtbäddarna Liu redovisar är: T1 är en siltig jord, T2 en sand, T3 mullförbättrad sand.

Hartwiger (2004) menar att döda rötter och icke levande organiskt material sväller när det bryts ner eftersom det tar till sig vatten och bidrar starkt till att täppa igen porer i den övre delen av en golf green.

"What started out as a rootzone structure with sand particles bridging together and creating a good balance of air- and water-filled pores has evolved into a rootzone characterized by sand particles "floating" in organic matter."

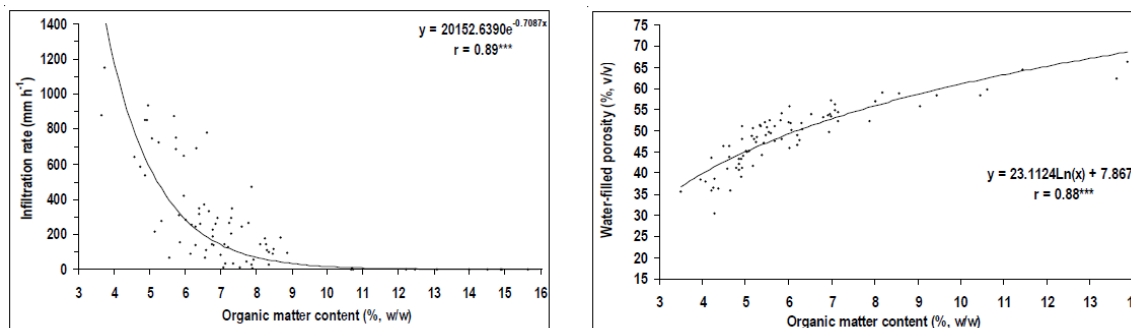
USGA tog bort rekommendationerna, för hur mycket mull man ska bland i växtbädden vid anläggning av en USGA green i revisionen 2004. Gaussoin (2011) har sammaställt de rekommendationer för mullhalt i vikt-% som forskare, testlaboratorier, rådgivande agronomer har gett de senaste åren. Variationerna är stora och uppenbarligen finns det faktorer som samspelar med mullhalten för att få bra greener.



Figur 17: Rekommenderade mullhalter varierar stort. Gausson (2011)

Ett ovanligt högt värde för organisk halt redovisades av Baker (1999) för fyra år gamla greener i Storbritannien. I de översta 20 mm på greenerna hade halten organiskt material ökat från 0.4 - 2.5 vikt-% 1996 till 7.9 - 12.2 vikt-% år 1999.

Fyra år tidigare hade Hind et al (1995) rapporterat att av 147 greener hade nästan hälften Ksat mindre än 10 mm/h och mindre än 5 % luftfyllda porer vid 40 cm avvattande tryck. Ett värde som hade varit ännu lägre med dagens mätningar med 30 cm avvattande tryck.



Figur 18: Organiska materialets samband med Ksat och vattenhållande förmåga. Liu (2005b)

Liu (2005b) Studerade sambandet mellan infiltrationshastighet och mängden organiskt material. Situationen stabiliserade sig med åren men då skötsel (luftningsåtgärder, dressning etc) inte redovisas är det svårt att jämföra med andra undersökningar

"Forskning behövs om hur OM utvecklas, eftersom sambanden med fysikaliska egenskaper inte är väl kända och delvis motsägelsefulla i litteraturen" Liu (2005b)

Materialvandringen kan ett problem i USGA greener, då dressanden eller bevattningsvattnet är smutsigt (McCarty 2011). Gaussoin (2007) fann ingen materialvandring, men dock en ackumulering och en viss ansamling av rotdeklar i de nedre delarna i greenerna. McIntyre (2004) påpekar att den mättade kapillärvattenzonen i botten på en USGA green gör att det under långa perioder finns en anaerobisk zon strax ovanför dräneringslagret längst ner i växtbädden.

SGF (2010) påpekar att växtbädden förändras ganska snabbt då gräs etableras och spelet belastar ytan. Beroende på resurser och skötselmetoder, kan förändring antingen stabiliseras på en viss nivå, eller bromsa in den negativa utvecklingen.

Hurdzan (2004) skriver om Leon Howards arbete från 1959 där följande nivåer för porvolymerna i en optimal green efter 24 timmar dränering föreslås:

- 15-27 % Vattenfyllda porer
- 19-22 % Luftfyllda porer
- 35-40 % Total porositet

Samtidigt anges miniminivåer av forskarna vid Texas A&M på 1950-talet, till:

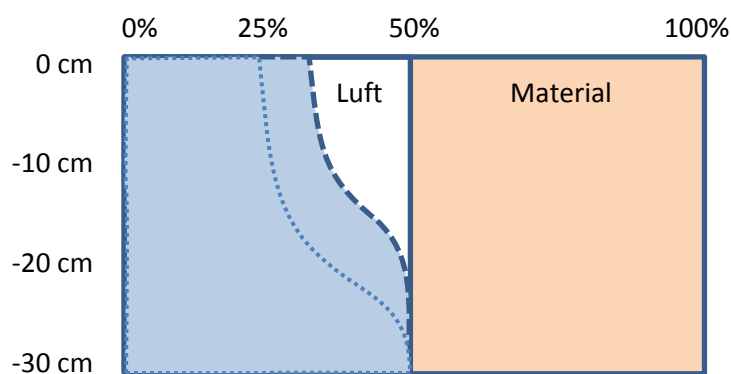
- 10 % Vattenfyllda porer
- 10-15 % Luftfyllda porer

För att summera vad som händer då en green åldras:

- Mullhalten ökar främst de översta 0-5 cm
- Kompaktionen ökar och totala porositeten minskar
- Den luftfyllda porositeten minskar
- Den vattenhållande porositeten ökar
- Mättade hydrauliska konduktiviteten minskar

McCoy (odaterad) rekommenderade följande porvolym som kritisk gräns för en åldrande golfgreen.

- 19-24% luftporer överst i green
- 12-18% medelluftporositet i översta 10 cm
- Minst 15% luftporer 10 cm ner
- 10-15% luftporer 15 cm ner



Figur 19 Porvolymdiagrammet för en USGA green med rekommenderade gränsvärden för livslängden.

En golfgreen som klarar dessa krav på ett porvolymdiagram kan med rätt skötsel ha många år kvar att leva beroende på vilken *funktion* man behöver.

Funktionalitet handlar om hur väl något passar för avsedd användning.

Golfgreener på gamla banor som var byggda ute vid kusten med gott om ljus och vind och inte mycket spel, hade greener byggda utifrån lokala förutsättningar ofta ett sandigt underlag. När golfen expanderade och speltrycket ökade började man bygga banor inåt land, i fuktigare miljöer och mera växtlighet som begränsade ljus och luftcirkulationen. Dessutom blev bevattningssystem och handelsgödsel tillgängligt, skötseln mekaniserades, klipphöjderna sänktes och speltrycket ökade än mer. TV började sända tävlingar och gröna banor blev normen. (Hurdzan 2004).

Det skapade helt nya krav på golfgreenerna, främst avseende belastningen och tillgängligheten.

Det är förvånansvärt lite skrivet om funktionaliteten hos golfgreener relevant för markfysikaliska egenskaper. I USA finns banor som årligen spelas 100.000 golfrundor på. I Norrland med kort säsong kan 10.000 rundor vara mycket. Spelbarheten är ofta väl definierad i andra bollsporter, främst för att ytan skall kunna ersättas med artificiella material, och då ska spelet ändå kunna vara likvärdigt (fotboll, tennis etc). Baker (1996) undersökte greeners interaktion med golfbollen, och beskriver olika fysikaliska egenskaper för greenens yta, men kopplingen till hela såbäddens prestanda undersöktes inte.

Den mest generella funktionen som beskrivs är ”klara hög trafik” men det definieras inte så väl och en stor del av belastning är från skötselmaskiner vilket kvantifieras i endast begränsad omfattning i litteraturen eller forskningen. Det har visat sig att den fraktionsfördelning som USGA rekommenderar gör att sanden står väl emot packning inom ett brett område. Det som skapar kompaktion i greener är mer yttre omständigheter och skötselmetoder, vilket inte USGA kan påverka med konstruktionskraven.

Tillgängligheten påverkas antagligen mest av dåligt väder. Det gäller att dels kunna ta emot stora mängder regn, samt snabbt kunna leda bort överskottsvatten. Den perkolation som krävs i en USGA green kommer knappast från ett generellt dimensionerande regn, utan är nog mer avsedd för att ge marginaler för framtida packning och minskade porvolym.

Då Fridell (2011) undersökte olika dräneringslösningar på Kungliga Drottningholms Golfklubb, hade golfklubben en funktionell beskrivning av målvärdet på fairway:

24 timmar efter ett kraftigt regn (30 mm) skall det inte finnas något vatten kvarstående på spelytorna och luftinträgningsnivån skall ligga på ett djup av minst 50 mm

Det innebär att man både kan formulera ett krav på att infiltrationen skall klara regnintensiteten 30 mm/dygn och att dels ett krav på hur snabbt stående vatten skall avvattnas så att risken för körsador och kompaktion minskas samt växterna får tillräcklig luft i marken för att respirera.

Två typer av funktionella krav som borde vara relevanta och kravsättas för de flesta växtbäddar, även golfgreener. Med tanke på att de luftfyllda porerna i en green minskar med åldern är det intressant att veta hur mycket regn en green kan ta emot (buffra) från dräneringskapacitet upp till helt vattenmättad växtbädd.

2.5 Bedöma en green i drift

Det finns många perspektiv på greenanalys. Liu (2005a) forskade om greeners funktion vid ökande ålder och tog fram ett index där både fysikaliska aspekter och spelbarhet ingick. Golf Green

Performance Index (CGGPI) är ett försök av en forskare att ta fram ett index för helheten på en golfgreen (se även Fig 16).

Component of golf green performance	Preferred range	
	Authoritative guidelines (if available)	Adjusted guidelines*
Water infiltration rate (mm h^{-1}) measured by single ring method	$\geq 20 \text{ mm h}^{-1}$ in UK (Hind <i>et al.</i> 1995) or $\geq 25 \text{ mm h}^{-1}$ in USA (Waddington <i>et al.</i> 1974)	20-100
Oxygen diffusion rate ($\times 10^{-8} \text{ g cm}^{-2} \text{ min}^{-1}$) measured by a Jenson Oxygen Diffusion Ratemeter	20-40 (O'Neil & Carrow 1983)	20-40
Air-filled porosity (% v/v) at -3kPa in the 35-70 mm depth	15-30 (Hind <i>et al.</i> 1995; Hummel 1994; USGA 2004) for laboratory-compacted materials	10-30
Water-filled porosity (% v/v) at -3kPa in the 35-70 mm depth	15-25 (Hummel 1994; USGA 2004) for laboratory-compacted materials	20-35
Total porosity (% v/v) in the 35-70 mm depth	35-55 (USGA 1993, 2004) for laboratory-compacted materials	35-55
Organic matter content (% w/w) in the surface 25 mm of the profile	1-4 (USGA 1993) for original rootzone materials	≤ 8
Organic matter content (% w/w) in the 25-50 mm depth	1-4 (USGA 1993) for original rootzone materials	≤ 4
Organic matter content (% w/w) in the surface 35 mm of the profile	1-4 (USGA 1993) for original rootzone materials	≤ 6
Organic matter content (% w/w) at the 35-70 mm depth	1-4 (USGA 1993) for original rootzone materials	≤ 3
Bulk density (t m^{-3}) in the 35-70 mm depth	1.2-1.6 (USGA 1989, cited in Hummel 1993) for laboratory-compacted materials	1.2-1.6
Dry root-mass percentage at the 50-250 mm depth in the total profile	Not available	$\geq 3.5\%$
Visual dry patch severity scores (0-5)	Not available	0-2
Visual turf quality scores (uniformity + density) (0-9)	Not available	7-9
Total turfgrass cover (%)	> 80 (Baker <i>et al.</i> 1997)	> 85
Relative balance index of two sown species of browntop/Chewing's fescue	Not available	0.03-0.40
Surface hardness ($10 \times$ gravity) measured by a Clegg Impact Soil Tester (0.5 kg CIT hammer, single drop at a height of 300 mm)	55-120 (Baker <i>et al.</i> 1996)	80-140
Ball roll distance (m) measured by a Stimpmeter	1.5-3.0 in UK (Baker <i>et al.</i> 1996) or 1.37-2.59 in USA (Radko 1980)	1.5-3.0

Figur 20: Faktorer som ingår i Comprehensive Golf Green Performance Index. Liu (2005a)

Växtbädd, gräsyta och spelkriterierna är de tre områden som man finner egenskaper för en greens prestanda. För växtbädden är det infiltrationshastigheten, porvolym, fukthållande förmåga och organiskt material som mest påverkar växtbädden funktion.

ISTRC är ett laboratorium som etablerades 1991 och har sen 1997 patenterat system (US 5672813 1997) för analys för golfgreener. I exemplet nedan på en greenrapport, syns att ISTRC följer upp de

parametrar som forskningen visat förändras hos en åldrande green.

Table 1. ‘+’ improvement, ‘=’ no change, ‘-’ regressed

Green #5	Well-Drained Greens	Comp. Index* +, =, -	March 2008	Feb. 2007	March 2006	March 2005	March 2004
Infiltration Rate [In/hr]	At least 6	-	2.21	11.77	2.98	5.08	10.15
Subsurface Air Capacity [Non-Capillary Porosity]	~20%	-	11.06%	16.13%	14.69%	14.15%	13.98%
Water Porosity [Capillary]	15% to 25%	-	36.45%	31.06%	32.44%	31.47%	31.79%
Bulk Density [g/cc]	~1.35 to 1.45	-	1.41	1.37	1.34	1.38	1.37
Water Holding	10% to 20%	-	25.93%	22.59%	24.26%	22.78%	23.19%
Organic Content: 0 – 1"	1.5% to 2.5%	-	3.64%	2.82%	3.33%	2.24%	2.75%
Organic Content: 1 – 2"	1.0% to 2.0%	-	2.36%	1.57%	1.81%	1.22%	1.79%
Organic Content: 2 – 3"	0.5% to 2.0%	-	1.12%	0.76%	1.01%	0.70%	0.98%
Organic Content: 3 – 4"	0.5% to 1.5%	-	0.88%	0.58%	0.80%	0.47%	0.76%
Root Mass	at least ½ in.	=	5/8 in.	5/8 in.	½ in.	½ in.	5/8 in.
Feeder Roots	at least 3.5 in. –med. density	-	3 ½ in. sparse	4 in. sparse	3 ½ in. sparse	3 in. sparse	3 ½ in. sparse

Figur 21: Exempel ISTRC greenanalys. Källa: ISTRC

Att göra en komplett analys av alla greener med ISTRC kostar ca 150-250 tkr för en golfbana i Nordamerika. Vanligen följer man upp 3-5 kritiska greener varje år, och då räcker fyra prov per green (två prov per plats) och kostnaden stannar vid ca 15 tkr/green. I Europa skulle motsvarande prover hos ETL kosta ca 18000 kr och hos Eurofins ca 15000 kr per green. Hummel (odaterad online) har ett paket med ca fyra prover på två greener som deras laboratorium har funnit tillräckligt enligt en modifierad metod för ostörda prover, för att få en god uppfattning av banan, och då stannar analyskostnaden på ca 25 tkr. Vad som ingår i en modifierad ASTM 1815 analys är oklart.

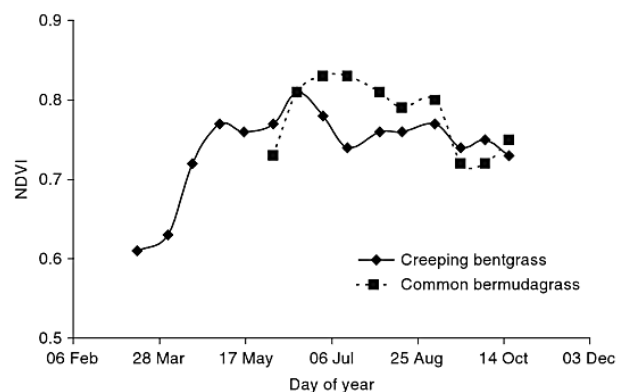
Ett område som inte ingår i ISTRC analysen är att mäta egenskaper för spelbarhet. Hela poängen med att sköta en green är trots allt att spela golf på den. STRI i England har forskat om spelbarhet och interaktion med gräsytan, främst i form av hur green tar emot golfbollen vid inspel. STRI arbetar även med andra gräsytor: gräsbowling, cricketplaner, fotbollsplaner, tennisplaner and landhockey planer. Där klargörs många samband mellan bollens kinetiska energi och greenens ytegenskaper. USGA har de senaste åren forskat om skårorna på wedgen (golfklubba för närspele) och hur spel från olika gräs påverkar hur bollen tas emot på green. STRI har även utvecklat en släde som man rullar över green och mäter rullmotstånd och sidoavvikelser för bollbanan.



Figur 22: Trueness meter och stimp meter, två generationers mätverktyg för spelbarhet från STRI, UK.

Det ger ett mått på hur jämna greenerna är används exempelvis på The Open när flaggplaceringar bestäms. USGA har gjort hårdhetsmätningar av greener på US Open sen 2003 (Brame 2008) för att finna samband mellan hårdhet, fuktighet och greenernas snabbhet så man kan välja bevattning på rätt sett innan tävlingsdagarna. Ingen forskning har hittats som undersökt helheten om spelbarhet och samband med de ingående faktorerna ex grästäthet, mullhalt, infiltration, dressning, rotmassa eller annat som analyseras i ex en bananalys enligt ISTRC.

Hur värderar man en gräsyta? ”Grön och fin” är ju ofta ett bra betyg av golfspelare. Inom vetenskapen försöker man enligt Bell (2011) använda samma begrepp men lite mer objektivt, exempelvis med NDVI – Normalized difference vegetation index. Man mäter våglängden för reflekterat ljus (660 nm och 850 nm) och kan då bestämma hur grönt gräset är. 0,6 betyder grönt men lite åt det gula hållet, och 0,9 är mörkgrönt frodigt gräs. Hur grönt gräset är beror på en mängd faktorer som temperatur, årstid, nederbörd, grässort etc och att sköta gräset utifrån en visuell bedömning är ganska vanskligt men ett vanligt angreppssätt. Att bedöma om gräset mår sämre (om greenen åldras) jämfört med förra året, baserat på grönheten är orimligt, då alltid någon faktor skiljer sig mellan åren.



Figur 23: Normalized difference vegetation index för golfgräs under en växtsäsong. Bell (2011)

Den sortprovning av gräs som finns både i USA, England och i Sverige använder samma metoder för att visuellt värdera, granska och analysera gräsen. Man använder National Turfgrass Evaluation Program guidelines (Morris, K. o.daterad), där alla metoder för bedömning av gräsen finns beskrivna. Gör man egna sortförsök, blandningar etc kan det vara intressant att jämföra resultaten och då använda samma bedömningskriterier av gräsen.

Sortprovningen med gräs kan man jämföra sig med, men fysikaliska jämförelser mellan greener är inte lika enkelt. The Royal and Ancient Golf Club R&A lanserade en benchmarking service i januari 2008. Den var i drift i två år, men få golfbanor rapporterade in sina mätdata, så databasen stängdes 2011.

I greenprotokollet Bättre greener (SGF 2010) bedöms både yttre faktorer och greenens inre egenskaper utifrån de erfarenhetsbaserade observationer man har gjort. Det rekommenderas att alla med långvarig erfarenhet från banan deltar i arbetet med att fylla i protokollet, både klubbens tränare, klubbchef och banchef, samt ordförande i bankommitteen och ev arkitekt man samarbetar med. Det viktigaste och troligen svåraste kategorin att bedöma är placeringen av green. Det finns inga tydliga specifikationer för hur ljus, vind, fukt, temperaturer, topografi, vegetation, djurliv osv

avgör om placeringen är rätt. Dessutom tillkommer spelmässiga faktorer och estetiska aspekter, vilket gör att en bedömning av greenplacering är lika mycket konst som vetenskap (McCarty 2011).

Svenska Golf förbundet presenterade 2010 skriften *Golfbanan – Bygga om helt, delvis eller inte alls. En handbok för golfbanans renovering*. De verktyg som rekommenderas för bananalis är främst en kartläggning av erfarenhetsbaserade åsikter och uppfattningar.

Green		
FAKTOR	BETYG	KOMMENTAR
Allmän historisk status för green		
Ljus		
Luftrörelser		
Entré och exitvägar		
Greenstorlek		
Hålkoppsplatser		
Ytvattenavrinning		
Dräneringssystem och porositet		
Bevattningskontroll och täckning		
Graden av renbestånd		
Spelfrekvens		
Vattenkvalitet		
Annat?		

Figur 24: Faktorer som bedöms för varje green i SGF greenbedömningsprotokoll.

Personer med Certifierad kompetens för grönytebesiktning borde kunna vara användbara vid greenanalyser enligt en kvalitativ metod enbart baserad på kompetens och erfarenhet. Idag finns besiktningsmän med en kompetensprövning av ackrediterat certifieringsorgan.

2.6 USGA analys enligt ASTM

“yet we see pedantic agronomists specifying 84% of sand and 16% of peat to achieve hydraulic conductivity figures for which tests in the fields are rough and ready and in the laboratory contradictory. What a load of rubbish” (Arthur 2003)

USGA hade ingen standardiserad mätmetod för analys av golfgreener före 1993. Endast det kompaktionsprov som Ferguson tog fram användes tillsammans med fraktionskraven på sanden.

Utifrån kraven på USGA greener som antogs 1993, fastställde ASTM år 1997 standarden 1815. Tillsammans med standarderna 1632 och 1647 används dessa för att godkänna växtbäddsmaterial till en golfgreen enligt USGA.

ASTM 1632 gäller fraktionsfördelningen och 1647 mullhalten vilka är okomplicerade och beskrivs inte närmare i detta arbete. Den ursprungliga versionen av ASTM 1815 reviderades 2006 och 2011.

USGA publicerar en lista med laboratorier ackrediterade av The American Association for Laboratory Accreditation (A2LA). I Europa ingår ETL och STRI i listan.

Det svenska ackrediteringsorganet SWEDAC har ett bilateralt avtal med A2LA, och gör ackrediteringar i Sverige mot samma kravstandarder som A2LA och därmed ett ömsesidigt godkännande av respektive ackrediteringar. Eurofins (fd Analycen) var tidigare ackrediterade för mätningarna enligt ASTM ovan. Då USGA inte tar hänsyn till internationella bilaterala överenskommelser utan endast publicerar laboratorier ackrediterade av A2LA, valde Eurofins att inte förnya sin ackreditering. (muntligen, Gustavsson 2011).

Eurofins i Sverige är idag ackrediterade enligt SS-EN ISO/IEC 17025:2005 "*Allmänna kompetenskrav för provnings- och kalibreringslaboratorier*" för många andra mätmetoder, och företaget har ISO 9000 certifikat, vilket indikerar att man arbetar kvalitetssäkrat, men just ASTM 1815 ingår inte i ackrediteringen. Man använder samma mätutrustning som tidigare och mätningarna är säkert väl utförda. Men den som vill arbeta med kvalitetssäkring av externa leveranser måste enligt Lindgren (1993) utföra en egen andrapartsrevision av mätprocedurerna.

2.6.1 ASTM 1815

ASTM beslutade att införa ASTM 1815-97 som en standardiserad mätmetod för analys av Mättad hydraulisk konduktivitet, Vattenhållande förmåga, Porositet, Partikeldensitet och Skrymdensitet hos växtbäddar för puttning greener och sportytor. Det är ASTM committe F08 Sports equipment and Facilities, som ansvarar för subcommitte F08.64 Natural Playing Surfaces, som ger ut standarden.

I standarden beskrivs två mätmetoder, dels för den Mättade hydrauliska konduktiviteten och dels för vattenhållande förmåga. Övriga analysresultat räknas fram utifrån dessa värden. Metoden för att mäta den vattenhållande förmågan är flexibel och det går att ställa in olika värden för det avvattnande trycket.

Syftet är att utvärdera växtbäddar och godkänna material vid anläggning av greener. Det innebär att testmetoden bygger på störda prover, alltså jordprover från en hög med växtbäddsmaterial.

I ASTM 1815 finns en fastställd metod för att bereda ett jordprov inför mätning av Ksat. Provet skall smulas och siktas i 4 mm nät för att få fram stora bitar med mull så dessa kan finfördelas och sen blanda ihop igen till en homogen jordmix. Sen skall jordmixen blötas ner till 8 vikt-% vatteninnehåll och återföras till röret i omgångar och packas mellan varven.

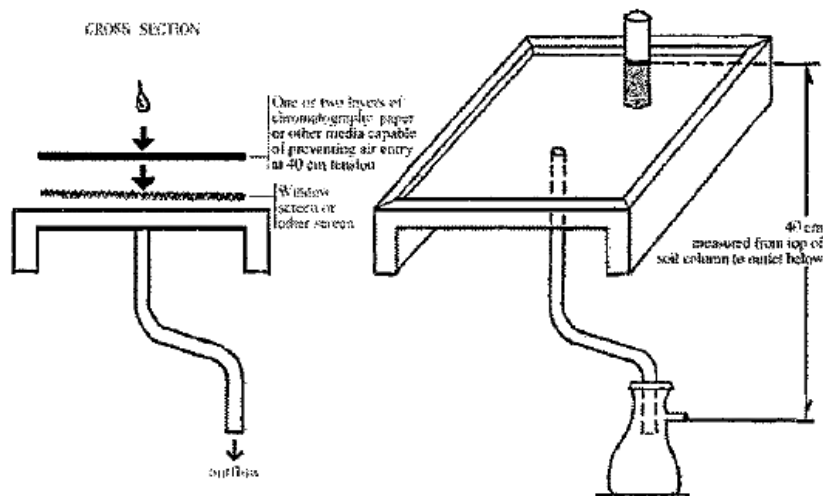
Därefter skall röret med jord ställas i vatten för att mättas och sen rinna av för att nå fältkapacitet och sen utsättas för 30 cm avförande tryck, innan det kompakteras med en fallande väl definierad tyngd. Därefter utförs analyser av Ksat och vattenhållande kapacitet och övriga värden kan beräknas.

Miller (2000) undersökte variansen i Ksat och rapporterade att rören som laboratorierna använde varierade från 50-84 mm i diameter, 65-105 mm i höjd, rören var gjorda av mässing, stål, plats och koppar.

2006 uppdaterades standarden och man tog bort metoden för partikeldensitet, samt ändrade kraven för röret som innehåller jordprovet till att vara exakt 76 mm högt. Höjden var tidigare bara satt till *minst* 76 mm, och man ställde in det avvattnande trycket till mitten på röret.

USGA hade en review committee som föreslog att det avvattnade trycket skulle vara 40 cm men slutligen valde USGA att rekommendera 30 cm avvattnande tryck (personligen meddelat, McCoy).

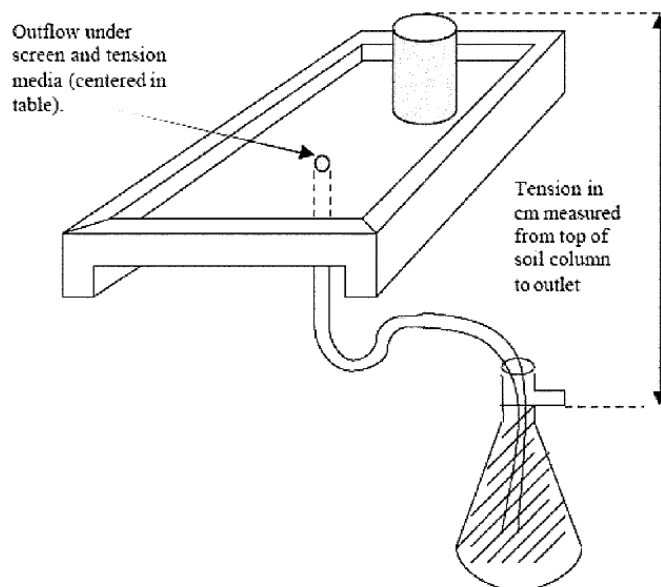
ASTM 1815-97 anger "Water retention is obtained at a matrix potential that corresponds to the root zone profile depth" vilket tolkades som 30 cm av laboratorieteknikerna.



Figur 25: Mätmetod för vattenhållande förmåga enligt ASTM 1815-97

Från 2006 skall det avvattnande trycket ställas in till toppen av röret som skall vara 76 mm högt, så värdet på den vattenhållande förmågan blir ett egentligen ett medelvärde som erhålls för ett avvattnande tryck 38 mm ner i röret. ASTM 1815-06 anger "if testing for USGA green, water retention shall be determined at a soil suction of 30 cm". Då finns inga oklarheter om vilket avvattnande tryck som avses.

Det finns en formulering i standarden att kompaktionen skall göras efter provet avvattnats under 40 cm avvattnande tryck, vilket är lätt att blanda ihop med det avvattnande trycket som ställs in vid mätning av vattenhållande förmåga.



Figur 26: Mätmetod för vattenhållande förmåga enligt ASTM 1815-06 och ASTM 1815-11

Från 2011 heter ASTM 1815-11 standardiserad mätmetod för analys av Mättad hydraulisk konduktivitet, Vattenhållande förmåga, Porositet, Partikeldensitet och Skrymdensitet hos växtbäddar för "athletic fields". Standardens tillämpning har utökats, men metoderna har inte ändrats utan anses fungera i fler tillämpningar. Det avvattande trycket är fortfarande 30 cm vid mätning av vattenhållande förmåga.

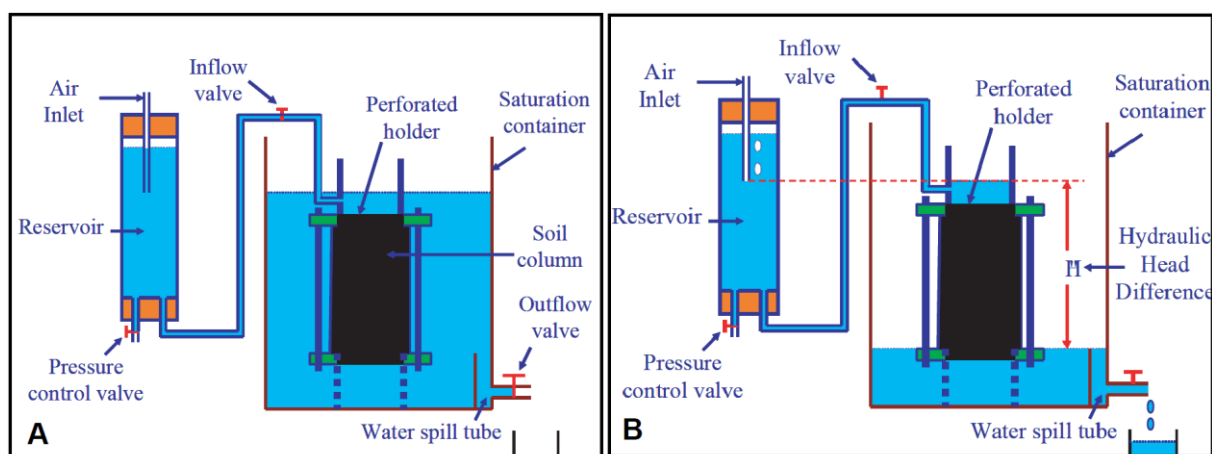
2.6.2 Mätosäkerhet ASTM 1815, 1632 och 1647.

Det har varit stor kritik angående mätningen av Mättad hydraulisk konduktivitet. USGA (odaterad) anger att mätosäkerheten hos K_{sat} är 20 %, och att fraktionsanalyser, och mullhalts tester är mycket mer exakta.

Test parameter	USGA Confidence Interval
Fine Gravel	50%
Very coarse sand	50%
Coarse sand	10%
Medium sand	10%
Fine sand	15%
Very fine sand	30%
Silt	25%
Clay	25%
Total Porosity	10%
Air-filled Porosity	10%
Capillary Porosity	10%
Saturated Conductivity	20%
Percent Organic Matter of Mix	.2*

Figur 27: Mätosäkerheten för K_{sat} är 20% enligt USGA

Chong (2006) undersökte hur man kunde få bort de största felkällorna och kom fram till en mätmetod som skulle minska osäkerheten i uppmätt K_{sat} .

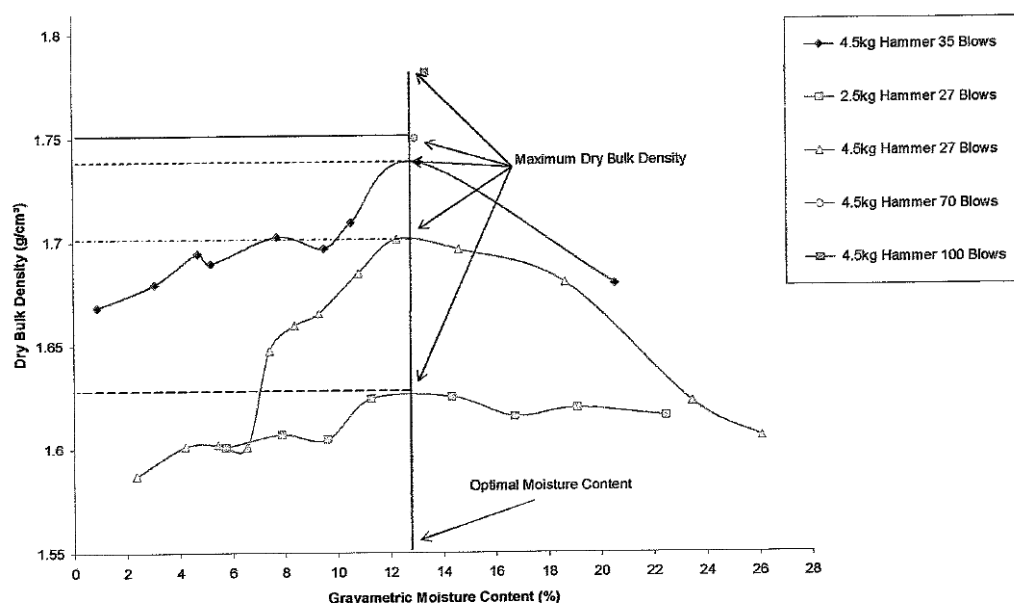


Figur 28: En mätmetod för K_{sat} med mindre mätosäkerhet. Chong (2006)

Principen för mätningen är densamma som i ASTM 1815-11, men hanteringen av provet skiljer sig och framför allt behöver man inte flytta provet vid mätning och riskera att luft kommer in. McCoy (2009) fann att prover som mätts från olika håll (från lägre eller från högre vatteninnehåll) har en hysteresis så det är viktigt att metoden är väl definierad. Även Murphy (1998) rapporterar att luft stängs in i porerna och ger variation i resultaten för Ksat. Varken USGA eller ASTM har infört metoden som Chong föreslog.

Enligt Page (2005) varierade resultaten för Ksat från 192 mm/h till 470 mm/h då Hummel följde upp nio stycken jordprover från samma green som skickats till olika laboratorier. Variationen kan delvis bero på att bulkdensiteten för proven rapporterades vara 1,27-1,53 gr/cc vilket påverkar Ksat. Då beredningen av proverna enligt proceduren för ASTM 1815-11 kompakteras vid dräneringsjämvikt inverkar fraktionsfördelningen och mullhalten på kompaktionsgraden och därmed torra bulkdensiteten. (Page 2005)

En bättre metod är enligt Page (2005), Proctor test BS EN 13286-2:2004 där man fastställer maximal kompaktion samt den fuktighet som detta kräver. Det ger en möjlighet att normalisera Ksat testerna och även få fram sämsta möjliga Ksat för en viss växtbädd.



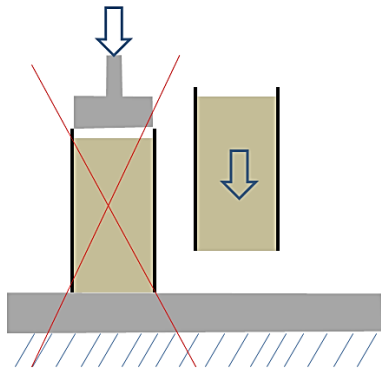
Figur 29: ett Proctor-test visar maximal packning och för vilken vattenhalt.

Hummel & Co (odaterad), erbjuder Proctor test av USGA greener. Ett Proctor test ger riktvärden utvärdera mot när en green åldras. Kostar ca 200 USD.

Page (2005) påpekar att 50% är mer rimligt för Ksat osäkerhet. Ferro (2006) anger att inom samma laboratorium kan Ksat variera +/- 75 mm/h. Inom vilket mätområde variationen gäller framgår inte. Vidare beskriver Page att STRI har valt provcylindrar med större diameter för att minska kanteffekternas inverkan på osäkerheten. Därmed gör STRI egentligen inte en mätning enligt standarden. Orsaken till STRI fortfarande är ackrediterade beror nog på att standarden anger mätmetoder istället för procedurer, vilket öppnar för labteknikerns tolkningar. (Page 2005).

Främst STRI har en tradition att använda större rör vilket Page (2005) fann vara bättre för att minska mätosäkerheten, och rekommenderar rör med diameter på ca 100 mm.

McIntyre (2000) har analyserat mätmetoden för K_{sat} i ASTM 1815. Han påpekar att kompakteringen av jordprovet i ett cylinderrör, riskerar bli ojämn. Vid rörets väggar gör friktionen att jordprovet inte kompakteras och därmed blir K_{sat} för högt. För att undvika detta har McIntyre provat att kompaktera genom att hela röret släpps mot en hård yta, vilket har gett mycket stabilare värden.



Figur 30: packning av jordprov i ett rör ska packas genom att hela röret får släppas mot ett hårt underlag. McIntyre (2004).

USGA organiserar tillsammans med A2LA laboratorierna en Putting Green Committee (PUG) för att harmonisera, utveckla och förbättra mätmetoderna för testningen enligt ASTM standarderna. Enligt denna kommitté är fraktionsfördelning, porvolym och vattenhållande förmåga ganska enkla och stabila mätningar. PUG skriver i ett nyhetsbrev att infiltrationsmätningar inte bara har stor variation i mätresultat, utan resultaten varierar även mellan laboratorier. (Ferro 2007).

Porvolymerna erhålls alltså för 30 cm 1997-2006 och för 26,2 cm efter år 2006. Standarden kräver att mätutrustningen skall klara 40 cm avvattande tryck, så man kan få mätvärden för precis de nivåer man vill och det går att leta efter skikt som man identifierat okulärt för att fastställa hur de påverkar porvolymerna.

Hurdzan (2004) påpekar att porvolymerna har ett mycket mindre mätfel än andra parametrar, och säger verkligen någon om hur bra växtbädden fungerar.

Kraven från USGA på sandens fraktionsfördelning, är ett nödvändigt men inte tillräckligt villkor för att klara kraven på perkolation påpekar McCarty (2011), samtidigt som USGA själva framför att man inte ska stirra sig blind på K_{sat} värden.

2.6.3 Ostörda prover

Hummel & Co (odaterad) erbjuder en modifierad variant av ASTM 1815 på ostörda prover. Vad modifieringen innebär är oklart. Helt klart är att proceduren för beredning av ett prov i ASTM 1815 inte kan följas eftersom då provet blir stört. ISTRC har ett patenterat system utvecklat tillsammans med Leon Howard som utförde tester hos Texas A&M på 1950-talet, för tester av ostörda prover men hur mycket det avviker från ASTM 1815 eller om utrustningen som finns illustrerad i patentansökan från 1992 fortfarande används, anges inte.

ETL i Scotland har beslutat att inte utföra tester på ostörda prover eftersom metoden inte har någon standard att följa, och som ackrediterat laboratorium vill man vara noga med att endast arbeta med kompetensprövade tester (vilket kräver en mätstandard att utvärdera mot). (Sharon, muntligen)

I Sverige har Eurofins erbjudit USGA tester sen 2005. Utrustningen hos Eurofins kommer från Eijkelkamp.



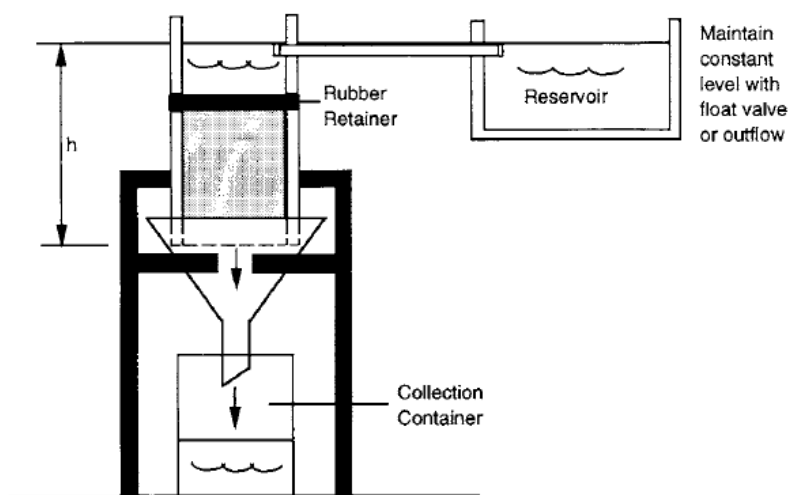
Figur 31: Eurofins mätutrustning för ASTM 1815-97

Provtagning sker med ett 100 mm högt rör med 76 mm diameter. Man ser på bilden att linjalen är inställd på ca 5 cm ovanför sandbädden, då man använder sig av 1997 års mätmetod och inte enligt nya proceduren från 2006.

Vid mätning av Ksat knuffar Eurofins ut provet lite i toppen och skär av grönmassan och en del av det översta döda växtmaterialet för att provet ska få kontakt med sandkornen i växtbädden. Eurofins utrustning vänder på röret vid mätning av Ksat och vattenhållande förmåga. (muntligen, Gustavsson). Att delvis avlägsna organiskt material är troligen en stor felkälla då organiskt material har komplexa samband med de flesta av mätparametrarna i USGA analysen.

Provet tillförs en vattenpelare med konstant höjd för att mätta provet och är flödet stabiliserat sig, mäts tiden för en viss volym som passerar provet och Ksat beräknas med Darcys ekvation. Ksat anges vid en vattentemperatur på 20 grader, men om provet genomförs med kallare kranvatten, så finns en omvandlingstabell att kompensera för den lägre viskositeten i kallare vatten.

Fridell (2011) påpekar att en Ksat mätning i fält med en vattentemperatur på 5 grader C, visar 70 % lägre värde än om vattnet hade haft en temperatur på 20 grader C.



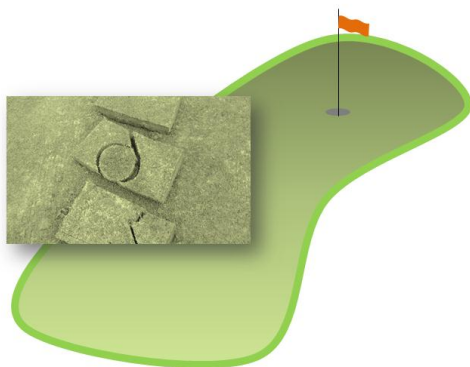
Figur 32: Mätmetod för K_{sat} enligt ASTM 1815-11.

Den vanligaste kritiken mot ostörda provtagningar i greener, är enligt McCoy (pers meddelande 2012) att proverna blir kompakterade vid provtagning och ger stor variation i resultaten. Gustavsson (pers meddelande 2011) på Eurofins rekommenderar att provrören skall smörjas på insidan med vaselin innan provtagning för att minska friktionen mot rörets insida, vilket minskar kompaktionen vid provtagning.

Bioforsk använder enligt Espevig (2011) exempelvis dubbla infiltrationsringar i Landvik för att mäta K_{sat} . Bioforsk provade både de stora ringarna ca 30/50 cm i diameter, men fann att ett mindre instrument med ringar i diameter 45 mm respektive 128,5 mm hade lika bra mätsäkerhet och var mycket smidigare att använda rent praktiskt, vilket givetvis är av stor vikt på en försöksstation med många mätningar i olika forskningsprojekt. (Aamlid, pers meddelande). I ett annat forskningsförsök hos Bioforsk mätte man mättad hydraulisk konduktivitet genom att enligt en metod med referens till Riley uppskatta luftens permabilitet. I samma arbete används en tensiometer och etanol istället för vatten, samt en omräkning baserad på vätskornas olika viskositet, för att kunna jämföra den hydrauliska konduktiviteten och dra slutsatser om hydrofobiciteten. Larsbo (2008)

Cashel (2005) undersökte skillnaden i uppmätt K_{sat} för störda och ostörda prover från en green. Ett problem, där man skar av grönmassa och filtern med en vass kniv, var att det täppte igen porerna och man fick ett för lågt mätvärde på K_{sat} .

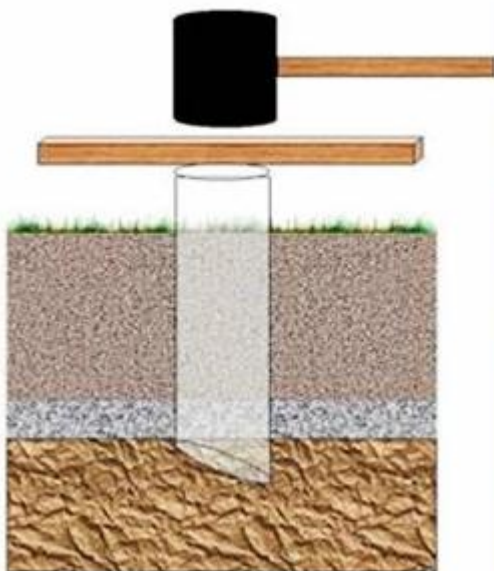
Ostörda prov har ytterligare några felkällor. Uttaget i fält utförs med varierande noggrannhet och fuktigheten i marken påverkar hur mycket provet komprimeras vid provtagningen. Vid transport av proverna kan stötar förändra provets beskaffenhet. Rörets friktion på insidan skapar en kanteffekt (Page 2005). Hittills har Eurofins inte sett några större problem med dessa felkällor (muntligt, Gustavsson 2010)



Figur 33: Kultiverande åtgärder på en golfgreen som inte läkt, kan utgöra störningar vid insamling av ostörda prover med rör.

Rör med 76 mm i diameter riskerar få med störningar i provet från kultiverande skötselåtgärder. Gamla hålpipningar, koppkanter och knivluftningar som inte vuxit ihop, extra fint material som runnit till en lågpunkt osv kan ge prover som inte är representativa. Eurofins har inte möjlighet i sin process att granska proverna avseende dessa effekter (muntligen, Gustavsson). ISTRC och Hummel & Co använder fler provrör för varje greenanalys, och använder några av proven för att visuellt analysera proverna och observera mindre representativa provtagningar.

Ostörda prover kan tas på olika djup enligt beställarens önskemål. White (2006) rekommenderar ett PVC rör genom hela greenen, inklusive dräneringslagret och ner i terrassen, som skickas till ett lab och fastställa bindningsdiagram för att fastställa statusen på green.



Figur 34: Ostörda prov ska tas ända ner till dräneringslagret. Happ (1995)

Även Happ (1995) menar att man bör ta ostörda prover genom dräneringsgruset och skicka till laboratorieanalys.

2.7 Fältmätningar

Om man granskar listan med problem och egenskaper som förändras med en greens åldrande, så finns det ett flertal parametrar man kan bilda sig en uppfattning om eller få indikationer om tillståndet hos, med enklare fältmätningar och okulära metoder.

Egenskap hos åldrande green	Fältmässig mätmetod
Kompaktering av växtbädden	Kompaktometer, penetrometer
Ökad halt av organiskt material	Identifiera okulärt, skaktest
Lägre mättad hydraulisk konduktivitet	perkolationstest, P-test, infiltrationsringar
Skiktbildningar	profilspade och identifiera okulärt
Sättningar	stickstål/penetrometer för att mäta aktuellt djup
Hydrofobisitet	Wet drop penetration test
Dåligt rotdjup	Spikplatta, identifiera okulärt, mikroskop
Stående vatten	Infiltrationsringar okulärt
Ökad andel finmaterial	Siktsall

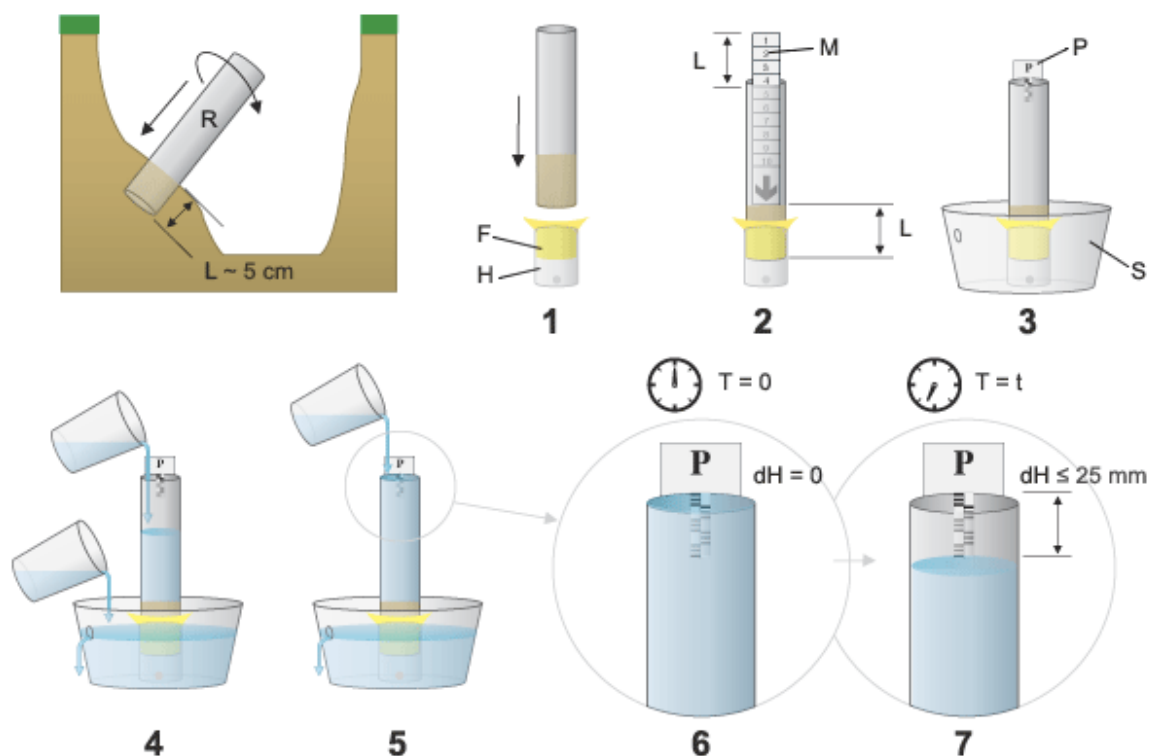
Men måttliga investeringar får man en penetrometer, profilspade, jordprovsborr, rör för ostörda jordprover, siktsall och infiltrationsringar så man med några få enkla mätningar får fram det mesta av indikationerna på problemen. Därefter väljer man ut de egenskaper och de platser på golfbanan, som man vill gå vidare att analysera djupare.

2.7.1 Fältmässiga mätmetoder

Mullhalt är billigt att analysera, så det behövs ingen förenklad fältmätning för mängden organiskt material. Glödningstesten behöver inte följa ASTM 1647, utan säkerheten är god och proceduren enkel och erbjuds av de flesta laboratorier, även utan ackreditering.

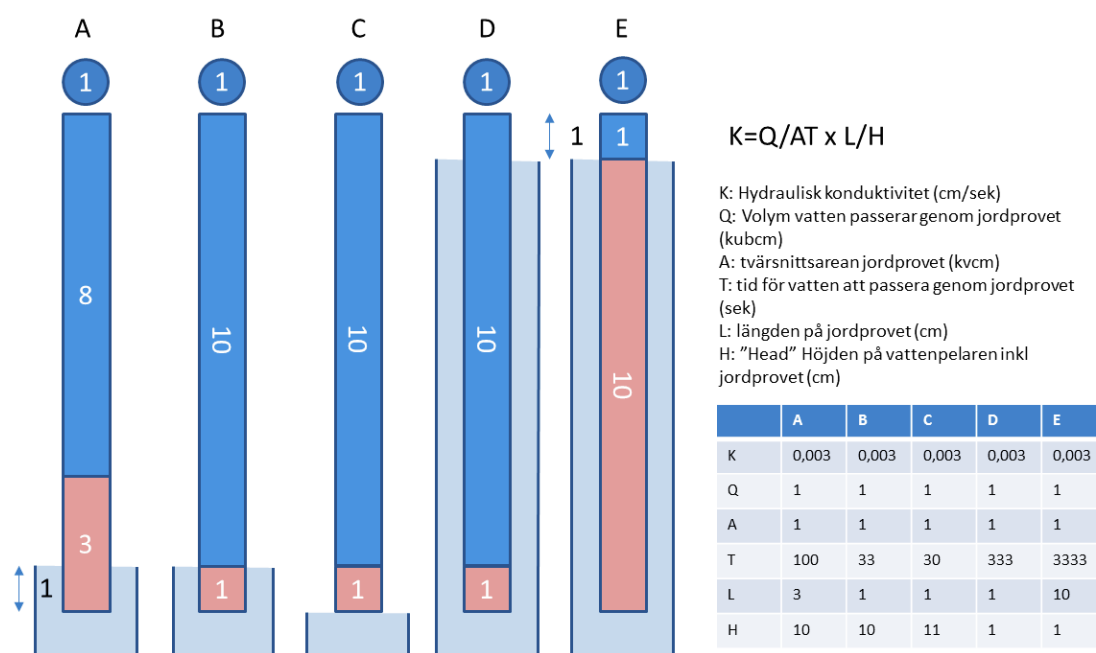
Analys av Ksat har stor osäkerhet, tar tid, kostar närmare 1000 kr och då är det intressant att se vilka alternativ man kan hitta för att mäta mättad hydraulisk konduktivitet.

Infiltrationsprover krävs av kommuner då en fastighetsägare ansöker om att anlägga ett enskilt avlopp på en infiltrationsbädd. Prover ska då tas på olika djup och man kan göra det själv och meddela mätresultaten. Ett [företag](#) erbjuder ett enkelt verktyg som kallas p-test (ett perkolationstest) med tre rör som går att använda hemma för analyser, och verktyget kostar mindre än 500 kr och går att använda upprepade gånger.



Figur 35: Enkelt perkolationstest som man själv utför är godkänt av kommuner för test av infiltrationsanläggningar vid anläggande av enskilda avlopp.

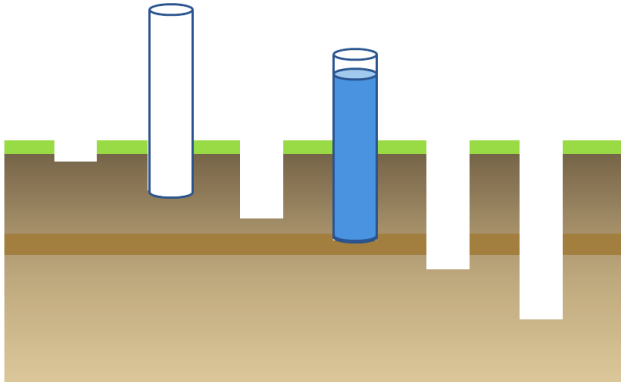
Perkolationstest kräver dock att man gör lite egna beräkningar för att få fram det värde som skall motsvara K_{sat} . Röret är 15 cm högt och om man tar ett prov som är 6 cm djup så blir det 9 cm vatten ovanpå provet. Röret vattenmättas och sätts ner i ett vattenbad med ett utlopp 2 cm ovan rörets nedre kant. Det gör att Darcys lag kan användas för beräkningarna.



Figur 36: Några typexempel på vad som är rätt höjd på vattenpelare i Darcys formel.

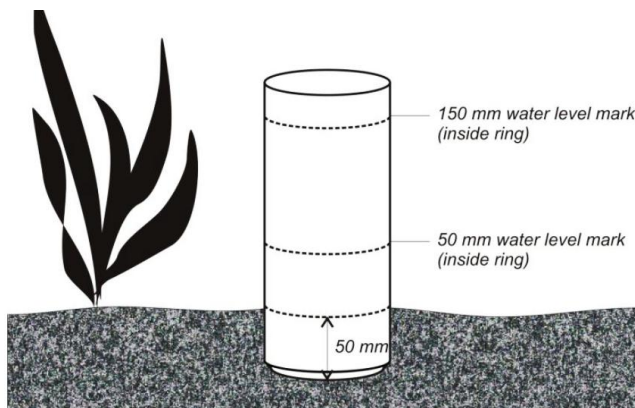
Det gäller bara att vara noga med vad som är rätt höjd på vattenpelaren för beräkningarna.

Perkolationsmetoden kan med fördel användas att perkolationsvariation på olika djup och identifiera textuella diskontinuiteter.



Figur 37: Det är enkelt att hitta skikt med kritiska egenskaper med ett perkolationsmetod.

En annan metod för konstant vattenpelare, utgår från ett rör som hela tiden hålls fyllt och då mängden per tid som tillsätts stabiliseras, används detta värde för att beräkna K_{sat} . Metoden beskrivs av Youngs et al., (1993).

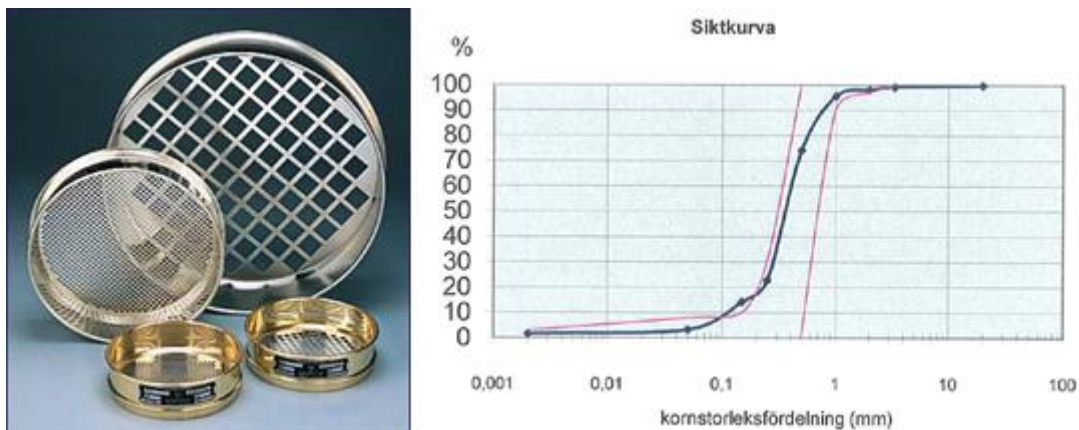


Figur 38: Med en större diameter på röret och konstant nivå på vattenpelaren får man mindre mätosäkerhet.

Dubbelringsmetoden går ut på att två ringar med olika diameter slås ner i marken ca 5-10 mm djupt och den yttre ringen fylls med vatten för att mäta växtbädden utanför den inre ringen. Annars hade de radiella kapillära krafterna vid kanten på den inre ringen gjort att vattnet infiltrerat fortare än K_{sat} och gett ett för högt värde. Den inre ringen fylls sen med vatten och den mängd som sjunker på en viss tid, används för att beräkna K_{sat} enligt Darcys lag.

Fridell (2011) påpekar att vattentemperaturen kan göra att fältmätningar av K_{sat} minskar med 70% om vattentemperaturen sjunker från 25 grader C till 5 grader C.

Fraktionsanalysen i ASTM 1647 genomförs med siktställ, som är enkla att använda. En ren mjöl, ordentligt torkat material (24 h i ugn 120 grader), en bra våg och skakning en tillräckligt lång tid (vanligaste manuella felet) så får man resultat med bra säkerhet.



Figur 39: Siktsåll är ett enkelt och säkert verktyg för att själv ta fram en siktkurva.

Så länge inte lera och silt är dominerande så duger torrsiktning. Logaritmiska diagram går att hämta på nätet eller själv göra i något kalkylprogram.

Ksat påverkas enligt Fridell (2011) mycket av de 20 % minsta partiklarna i en växtbädd. Därför är det viktigt att i fraktionsanalyserna jämföra hur fraktionerna upp till 0,25 mm förändras i en USGA green. I en USGA green får finsand upp till 0,15 mm endast utgöra 10% av fraktionerna. Antingen övervakar man just mängden finsand D15vb eller så följer man hur D20vb förändras med greenens åldrande.

Rötterna observeras genom att spika fast ett jordprov på en brädbit och spola försiktigt bort växtbädden. Mät längden på rötterna som verkar friska. En frisk rot behöver inte vara vit, men yttersta toppen där roten växer måste se vit och frisk ut i mikroskåp. Notera på vilket djup den största mängden rotmassa befinner sig. Det brukar vara samma djup som filter. Rotmassa och rotdjup analyseras i ISTRC, men det finns ingen tydlig forskning om hur dessa värden skall användas. ISTRC (odaterad) anger att skikt i den översta delen av växtbädden vanligen har skapats av rötter, men att orsakerna inte är kända.



Figur 40: Med en spikplatta kan man skölja bort såbädden med vatten och studera eventuella "root created layers".

En begränsning i ASTM analysen är att dräneringen inte analyseras. Vermeulen (2004) beskriver behovet av att klargöra hela greenkonstruktionens funktion. Med jordprover från rätt djup går det med eget siktsåll att få fram hur kontaminerat ett eventuellt dräneringslager är. Med lite noggrannhet går det även att få fram jordprov från den understa delen av växtbädden som ansluter till dräneringslagret. Välj gärna en lågpunkt så får man svar på om det har skett en materialvandring av finmaterial från växtbädden ner i dräneringsgrusen. Om det finns dokumentation från

anläggningen av green så jämför man med data från materielleveranserna som är dokumenterade enligt kontrollplanerna.



Figur 41: Det saknas standardiserade analysmetoder för att utvärdera åldrandet hos funktionen för kapillärbrytande egenskaperna. På bilden en tre år gammal och växtbädd enligt USGA ovan dräneringsgrusen.

I växtbädden kan man med en profilspade ta ur bitar och torka för att göra tester av hur vattenavstötande växtbädden är. Metoden är samma som Bioforsk använder och är beskriven i Letey (1969). Den verkar lite osäker vid praktiska försök och resultatet varierade väldigt mycket med bara någon cm i sidled mellan dropparna.



En droppe: 1, 2, 3, 5, 8 cm

2,5 min senare

Figur 42: Wet Drop Penetration Test för att uppskatta om såvbädden är vattenavstötande.

Om man nöjer sig med en schematisk bild av porvolymerna borde tensiometrar kunna användas i fält. De tar lite tid att använda och det blir bökigt med många, men är billiga och själva testet utförs troligen inte så ofta, så tensiometrar borde kunna vara ett fältmässigt alternativ. Speciellt i torvodlingar och egna försöksodlingar.

Vid utvärderingen av ett nytt dräneringssystem (Airfield) använde McInnes (2011) tensiometrar på olika djup i växtbädden för att fastställa vattenhållande förmåga vid olika avvattande tryck. Tensiometrar har stor osäkerhet vid riktigt låga fukthalter och tar lite tid att använda. Time Domain Reflector (TDR) mätare är snabba och enkla att använda men dyra och mäter volymmetriskt vatteninnehåll med lite större mätosäkerhet. En nackdel är att de måste kalibreras om när vattenhållande förmågan har stora förändringar, exempelvis mullhaltiga lager i en sandjord (Nilsson 2005).

2.7.2 Egna mätningar

Eftersom en komplett ISTRC analys skulle kosta drygt 200 tkr för alla greener på en golfbana, är det intressant att försöka göra fältmätningar med 20 % av resurserna för att få fram 80 % av

informationen. Sen kan man välja att fokusera problemområden och lägga en del av resurserna på djupanalys enligt ASTM etc.

En förenklad ISTRC analys, kan bestå av ett greenbedömningsprotokoll med tillägg av lokalt intressanta faktorer samt fältmätningar av motsvarande parametrar som redovisas vid en ISTRC analys.

I kriterierna finns flera bedömningar som kan göras med enkla fältmässiga instrument, för att även samla in objektiva mätdata och komplettera diskussionen i banutvecklingsgruppen som genomför greenbedömningen.

Utifrån litteraturstudien om en greens åldrande, analysmetoder och fältmätningar utarbetades ett protokoll för greenanalys (se även bilaga 7.1).

Ljus	Penetrometer (max/djup)	1: 3 6 9	2: 3 6 9	3: 3 6 9	Snitt:
Luftrörelser					
Entrévägar	Vridstyvhet (0-15 cm)	1:	2:	3:	Snitt:
Exitvägar	Hålplugg 1	Thatch cm:	Filt cm:	Rotdjup cm:	Skikt cm:
Maskinvägar	Hålplugg 2	Thatch cm:	Filt cm:	Rotdjup cm:	Skikt cm:
Hålkoppsplatser (% möjlig yta)	Hålplugg 3	Thatch cm:	Filt cm:	Rotdjup cm:	Skikt cm:
Ytvattenavrinning (antal minst 5%)	Wet Drop Penetration Test (sek)	1 cm	2 cm	4 cm	10 cm
Lågpunkter (allvarliga/tendenser)	Siktanalys terrass (text)				
Ytvatten IN (% av omkretsen)	Perkolations Tid för 25 mm vid 5 cm rörprov	5-10 cm:	15-20 cm:	25-30 (Drän/terrass):	
Närhet till öppet vatten, ev fontän	Infiltrationsmätning mm/5 min				
Säkerhet?	Aktuell fuktighet (Blöt, fuktig, torr)				
Lutning, väderstreck	Photo Active radiation				
Övrigt	Gräsbedömning (mer än 80%)	Grässort	Täthet	Mossa/alger/ogräs	Annat
	Gräs växtart (mindre än 80% täckning)	Gräsyta		Spelyta	

Figur 43: Protokoll för datainsamling med utökat Greenprotokoll, samt fältmetoder för greenanalys.

Den förenklade ISTRC analysen baserad på mätmetoder man kan utföra själv, provades under 2011 på Mölndals GK, se kap 3 Resultat.



Figur 44: Verktyg och instrument för praktisk fältmätning vid greenanalys.

Verktygen som behövs är: penetrometer, profilspade, infiltrationsmätare, rör för perkolationstest, jordborr, ljusmätare, siktsäll, fuktmätare och en kamera. Samt diverse spadar, måttband, linjaler och dokumentationshjälpmedel.

3 Resultat

Metoden är utforskningsorienterad och slutsatserna kommer att baseras på reflektioner utifrån arbetet med att prova olika mätmetoder och tolka analysresultat.

Mölnåls GK beslutade 2010 att ge Banutvecklingsgruppen i uppdrag att ta fram en utvecklingsplan för åren 2012-2017. Styrelsen fick i uppdrag att klargöra finansieringsalternativ och ramarna för utvecklingsplanen. Botaniska analysgruppen fick i uppdrag att genomföra en bananalys och konsekvensbeskrivning för tre olika scenarier. Den markfysikaliska delen av bananalysen genomfördes med den förenklad ISTRC analysen i en fältanalys och kompletterades Eurofins USGA analys vid djupstudier av några utvalda greener.



Figur 45: En besvärlig vinter gav en sen våstart 2011 hos Mölnåls GK.

3.1 Fältmätning provad hos Mölnåls GK

För att få en bakgrund till situationen genomfördes intervjuer med personal på banan och kansliet, samt ledamöter i Banutvecklingsgruppen. Årsredovisningarna gav en bild av kraftigt minskade resurser inom investeringar och planerat underhåll sen tre år tillbaka. Även avskrivningar minskades i den mån tidigare överavskrivningar genomförts, för att justera resultaten.

Golfbanan är drygt 25 år gammal och inga renoveringar av greener skett förutom green 13 och 10 som byggdes om i den ordningen i början av 2000-talet enligt dåvarande SGF krav, samt en nybyggd reservgreen 14b som är ca 10 år gammal. Några greener har torvats om, helt eller delvis, samt många har fått förändrade storlekar genom att klippa ut eller släppa upp gräset i greenkanten.

Bankonsulten från SGF har haft löpande kontakt med banan i tjugo år och var medlem i Banutvecklingsgruppen. Då erfarenheten redan fanns i gruppen, analyserades inte tidigare skötsel i detalj. De praktiska erfarenheterna av skötsel sammanfattade bankonsulten med: sen våstart, mycket stödsådd, kraftig dressning i tio år och luftning i underkant (muntligen, Sintorn).

De tre scenarier som man utgick från var:

- a) Nuvarande driftbudget, nollalternativ
- b) Ett utvecklingsalternativ med 10-20% ökade resurser till driftsorganisationen
- c) Åtgärder som medför arkitektoniska förändringar

För fem år sen tog Mölndals GK fram en masterplan i samarbete med en arkitekt. I masterplanen ingick en del sprängningsarbeten, men ingen ny bansträckning. Alla greener renoveras och vissa får helt nya greenområde, det blir fler bunkrar och ganska många ändrade utslagsplatser, i masterplan från 2006. En grov uppskattning är att det kostar nog 25 Mkr att genomföra den (muntligen, Lundin).

Flera närliggande klubbar har de senaste fem åren genomfört liknande renoveringar. Om klubben 2010 hade haft resurserna så är det inte orimligt att anta att man valt att genomföra masterplan från 2006, istället för att ge banutvecklingsgruppen ett nytt uppdrag.

Banutvecklingsgruppens betyg i greenbedömningsprotokollet stämde ganska väl överens med fältanalysens sammaställning av greenproblemen.



Figur 46: Våren är en bra tidpunkt för att studera lågpunkter, ytvattenrörelser och avrinningsmöjligheter.

Det är möjligt att vattenrörelserna på greenen i bilden ovan skapats av sättningar ovanför dräneringsrör för att fint material har vandrat nedåt så växtbädden sjunkit ihop.

Hela banan mättes in med GPS i planet och i höjddled med 1 cm noggrannhet. Data hann inte komma till användning i denna rapport för att analysera detaljer i yt-dränering, lågpunkter, greenlutningar.

Ett ostört prov togs på green tre, 22 mars och skickades till Eurofins för USGA analys, för att kunna jämföra med ett prov från växtsäsongen och se skillnader under säsongen. Green tre visade i fältstudien tecken på kompaktion, anaeroba skikt, sättningar och bristfällig dränering. Laboratorieprovet från 22 mars bekräftade dessa observationer med objektiva mätdata och motiverade till att gå vidare till andra fasen i projektet och djupstudera utvalda greener.

Kartläggningen i fältstudien bestod av bakgrundbeskrivning, greenprotokoll från banutvecklingsgruppen enligt SGF Bättre greener, mätdata, fotografier från alla greener, och en preliminär konstruktionsanalys.

Fältstudierna visade även på yttre omständigheter som en trolig orsak till många av de problem man upplevde med svag övervintring och sen vårstart. Ljusinstrålningen på hösten (och våren) är svag generellt då stora delar av banan ligger norr om ett skogsbeväxt kuperat område. Några greener får

mycket få timmar direkt solljus från oktober vilket ger en mycket svag invintring med lägre energireserver till vårstarten.

Dessutom ger markvatten från högre liggande områden ett stort bidrag till inrinning på greenerna, vatten måste i många fall rinna över hela greenen innan avrinning, svag lutning på avrinning, ger blöta greener. Även perkolationen dålig i greenerna, och dräneringen som avleder vatten har en tveksam funktion, vilket sammantaget blir greener som är svåra att värma upp på våren och är mycket ogynnsamt för vårstarten. Greenerna har ofta en lutning mellan nordväst och nordöst, vilket ytterligare försämrar uppvärmning på våren. Ett år kunde man i juni finna tjäle en dm ner i green tio (muntligen, Sintorn).

Med skog runt omkring blir luftcirkulationerna väldigt beroende av vindriktningarna och svåra att uppskatta. En fördel är att många golfhål har fritt västerut, som är den dominerande vindriktningen (muntligt, Hagberth).

Ljusbildning genomfördes på green 6. Mätning utfördes på 2 olika platser på greenen. Referensmätning gjordes utanför maskinhallen. Stier (1995) anger full dagsljus motsvarar 50 mol/kvm&dygn. När 30% av ljuset begränsas uppstår begränsningar i tillväxten. Under de längsta dagarna på året uppvisade ena platsen 10-14 moles/kvm&dygn som är acceptabelt men inte bra. Den andra platsen uppvisade 15-19 moles/kvm&dygn och är medium bra. Under årets längsta dagar uppvisade testgreenen områden som inte uppnådde acceptabelt med ljus över dygnet.

Sammanfattning av fältanalysen: Greener med tveksam dränering, hårt packade och dålig perkolation, skiktbildningar samt problem med ytvatten som rinner in, stannar i lågpunkter och har dålig avrinning, fungerar dåligt. Om dessutom luftcirkulationen är begränsad och antalet soltimmar och antal möjliga hålplaceringar och rörelsemönster för spelare och maskiner är begränsat så är även slitaget en allvarlig faktor. Skötselkostnaderna blir stora. Detta gäller främst green: 1, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 15, 16, 17, 18

Resultaten i fältanalysen och diskussionerna utifrån praktiska erfarenheter, låg till grund för banutvecklingsgruppens val av greener att djupstudera i andra fasen av projektet. Det fanns sen tidigare år både näringsanalyser och biologiska analyser för chipgreen och green 11, vilket sen tidigare var bestämt att följa upp i djupanalysen. Banutvecklingsgruppen valde även green 3, 5 och green 15.

3.2 Djupanalys provad på Mölndals GK

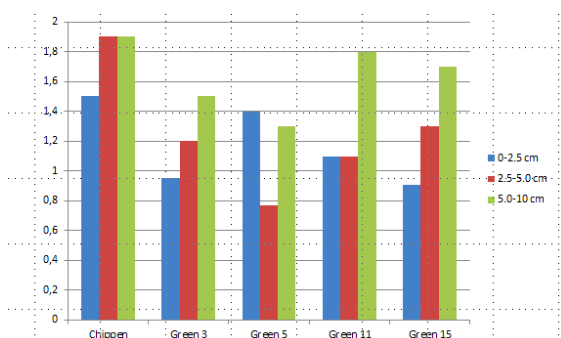
Eurofins USGA prover togs så sent som möjligt eftersom mycket gräs var nyetablerat och alla greener hade inte full täckning förrän i slutet av sommaren. Det tog prover vid tre tillfällen på året, 22 mars *, 30 maj ** och 22 aug ***.

Green	Djup	Luftpörer (%)		Vattenpörer (%)		Densitet (gr/kbcm)		Ksat (mm/h)		Organsikt material (vikt-%)		Andel fina partiklar (%)		CEC		Snabbmät infiltration av 25 mm vatten 5-10 cm (min)
3 (*, ***)	0-10	11,6	13,0	27,7	27,7	1,58	1,57	307	391	1,4	1,4	5,0	5,3	4,5	4,4	3,50
3 **	10-20	10,5		24,9		1,71				1,2		15,0		4,3		20
3 **	20-30	10,1		26,2		1,69				0,4		27,9		3,3		10
5 **	0-10	15,1		25,4		1,58				1,3				2,2		1,50
11 (**, ***)	0-10	19,1	12,6	23,5	28,7	1,52	1,55		141	1,3	1,7		5,4	2,4	5,0	2,25
15 **	0-10	14,1		28,1		1,47				1,1				2,3		3,50
Chip **	0-10	8,5		34,6		1,51				1,4				1,7		50 i 0-5 cm
8 ***	0-10	15,0		25,8		1,57		51		1,3		4,8		4,4		5,50

Figur 47: Utdrag ur laboratorieresultat enligt USGA tester på Mölndals GK 2011.

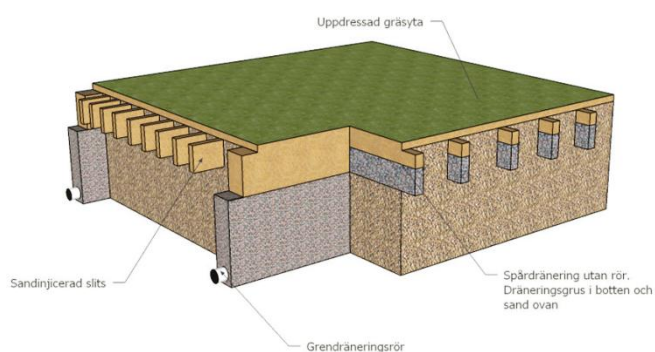
Djupanalysen verifierade fältmätningarna, att greenerna hade lager av olika material som blivit komprimerat, dåligt med lufthållande porvolym i många fall, och att den översta delen av greenerna fått rätt dressand de senaste åren. Perkolationen varierade mycket, troligen pga olika skikt som gjorde att resultaten osäkra.

Mullhalten analyserades av laboratorium på 0-2,5, 2,5-5,0, 5,0-10 cm djup på samma sätt som i en ISTRC analys.



Figur 48: Viktprocent för mullhalt på olika djup hos fem greener på Mölndals GK.

I rekommendationerna från Botaniska analysgruppen ingick förslag om vidare analyser för att klargöra bla markvatten och växtförhållande på banan i sin helhet. Utifrån greenanalysen och de scenarier som förelåg, valdes att rekommendera spår och slits dränering av greenerna, samt att torva av och så nytt ädelgräs för att förbättra vinteröverlevnaden.



Figur 49: Exempel på renoverad dränering för en golfgreen. (Fridell 2011).

Informationen som erhöles från fältmätningarna är väl tillräckliga för att få en god uppfattning om nuläget, och de laboratorieanalyser som gjordes blev mer verifierande, vilket dock är viktigt för att inte lämna några oklarheter och osäkerheter. Porvolymerna var den analys som gav mest i laboratorieanalyserna.

4 Diskussion

Arbetet har haft stora avgränsningar för att kunna rymmas i ett självständigt arbete på AB-nivå. För att ändå sätta saker i ett sammanhang och belysa på vilket sätt andra perspektiv kanske är än viktigare för en korrekt greenanalys, diskuteras nedan ett antal aspekter för nyanserings skull. I detta kapitel är resonemang, tolkningar och funderingar inte alltid förankrade i befintlig forskning, utan mer personliga reflektioner, utifrån studier, observationer och praktiska erfarenheter från det konkreta arbetet med mätningarna.

Av alla avgränsningar så är det främst tre som gör arbetet ofullständigt och brister i ett övergripande sammanhang:

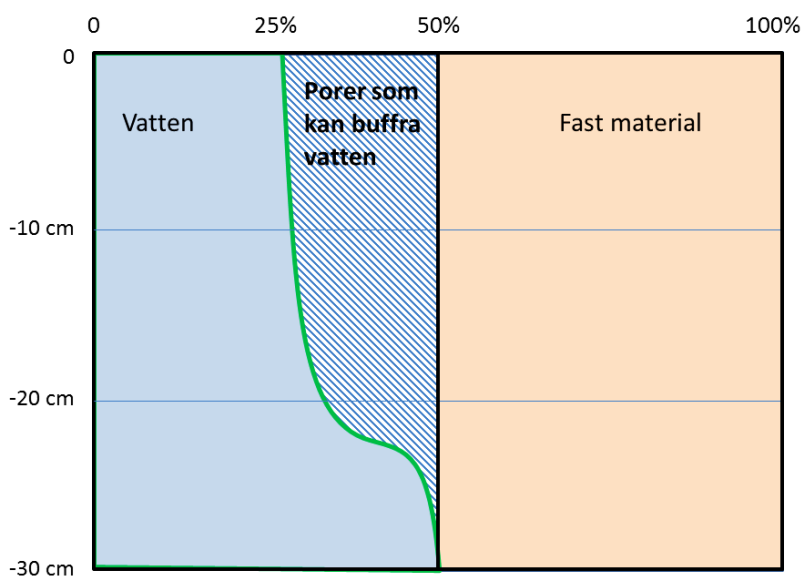
- Driftbudget och golfanläggningens ambitionsnivå beaktades inte
- Ingen hänsyn till belastning från spelet och trafik, eller stress från yttre faktorer
- Kunskapen om samspelet mellan markfysik och organiskt material är inte komplett

Moore (odaterad) menade att USGA greener inte är en garanti, eftersom han har sett perfekta byggda greener falla inom några år men även hur *”vissa kan få gräs att växa på betong i total skugga”*. Så visst spelar skötselmetoder och yttre förutsättning en stor roll vid analys av greeners funktion.

4.1 Rekommendationer för analys av greenens funktion

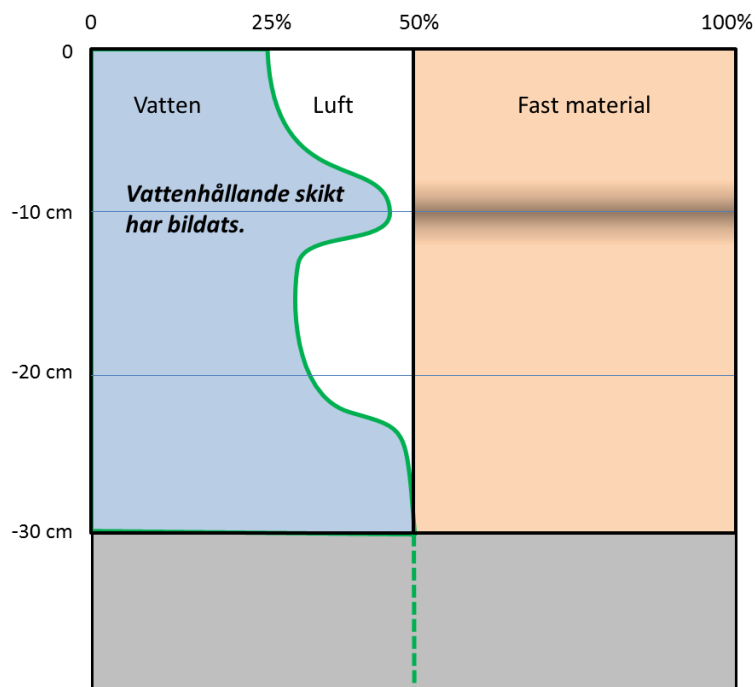
Vad kan man då få ut av ett ostört prov som tas genom hela profilen och då vattenhalten mäts för avvattnande tryck för varje 5 cm djup?

De egenskaper som påverkar de funktionella egenskaperna är främst mättade hydrauliska konduktiviteten som inte direkt syns i diagrammet, samt växtbäddens buffrande förmåga vilken direkt överensstämmer med den luftfyllda porvolymen:



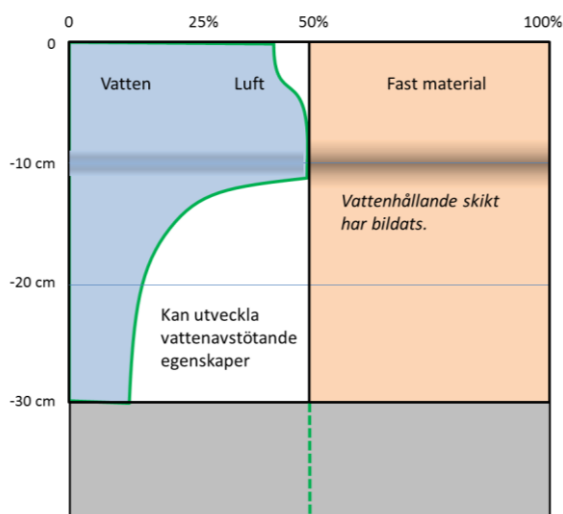
Figur 50: De luftfyllda porerna vid dräneringsjämvikt visar hur mycket vatten som kan infiltreras.

När mängden organiskt material ökar inom ett skikt någonstans i såbädden, syns det i porvolymsdiagrammet med en förändring av den vattenhållande förmågan för ett visst djup:



Figur 51: Vid dräneringsjämvikt kan ett skikt med hög multhalt hålla kvar en stor mängd vatten högt uppe i såbädden.

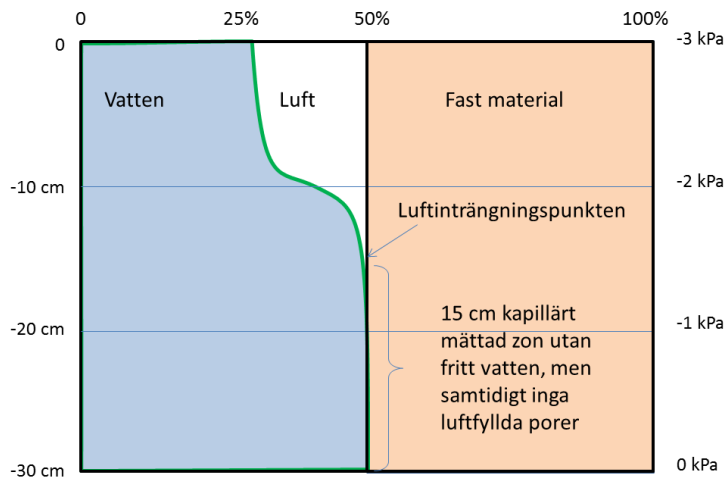
Om det går riktigt illa och bildas ett skikt som blir mättat vid minsta regn/bevattning kan man få en ny grundvattenyta alldeles för nära ytan. Om man då vattnar ofta, och med små mängder får man ingen luft i porerna i ytan som behövs för respirationen. Följden kan bli att växtbädden under skiktet torkar ut och blir hydrofobiskt.



Figur 52: Ett skikt nära ytan som mättas vid daglig bevattning kan skapa stora problem.

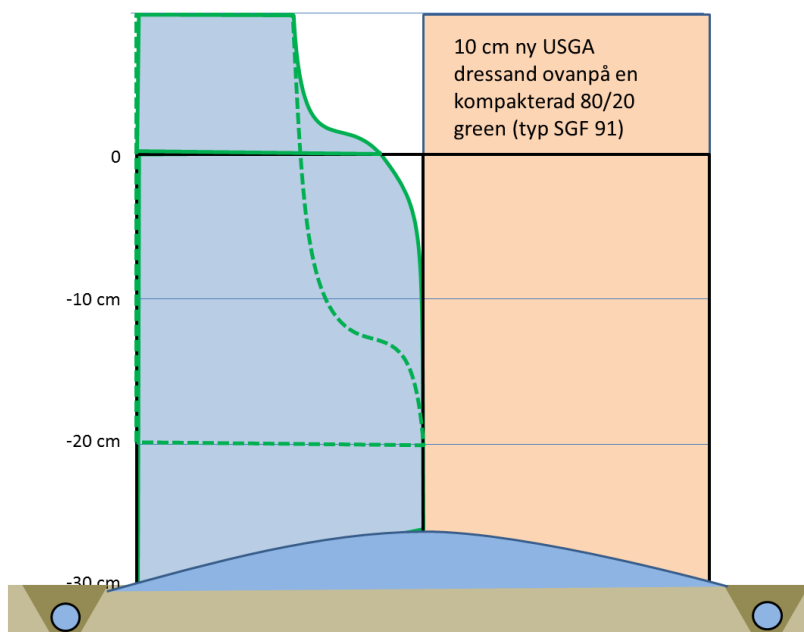
Ofta är det ett skikt med organiskt material som både minskar perkolationen och hindrar rötternas utbredning. Det fria vattnet perkolerar genom skiktet med den hastighet som K_{sat} för den tätaste delen medger.

Om dräneringsgrusen blir kontaminerad av fint material och får en sämre genomsläpplighet, uppstår lätt fritt vatten och därmed en grundvattenyta och det avvattande trycket sjunker och porvolymsdiagrammet får ungefär samma utseende som för en green med enbart fiskbensdränering:



Figur 53: Om dräneringslagret förlorar sin funktion kan ett mättat lager skapa en högre luftinträgningsnivå ed försämrade respiration som följd.

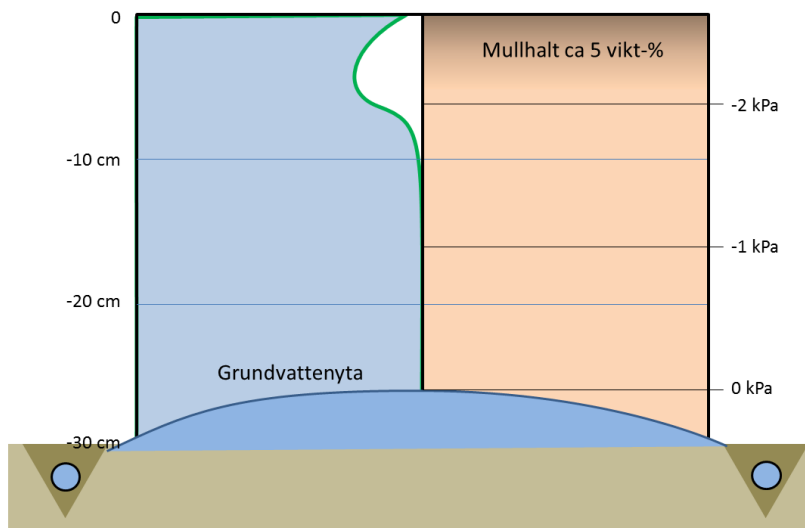
För de gamla svenska 80:20 greenerna med kompakterade greener som dressas kraftigt i flera år, kan porvolymskurvan se ut så här:



Figur 54: Troligt porvolymsdiagram för många modifierade 80:20 greener i Sverige.

Om det är stor skillnad i fraktionskurva för dressmaterialet och underliggande växtbädd, blir perkolationen låg och det finns inte mycket marginaler för infiltration av regn. För att styra bevattningen är det viktigt att mäta vattenhalten i såbädden under den dressade övre delen.

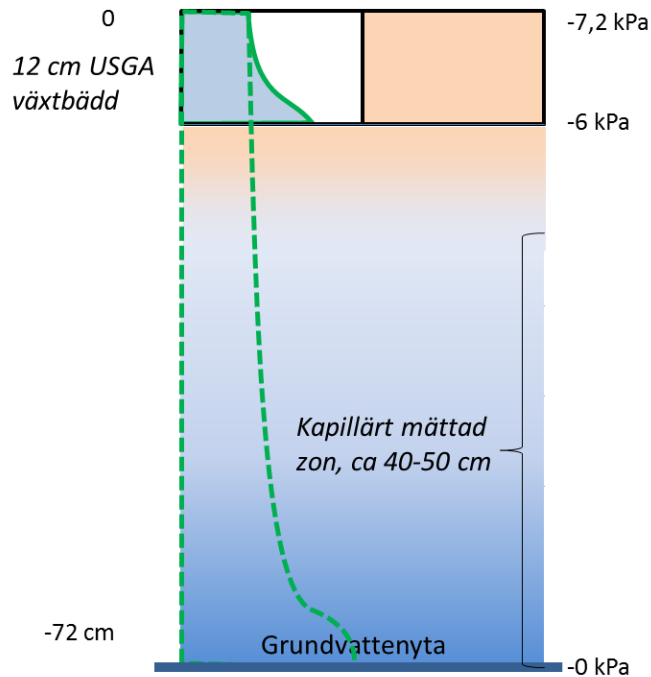
När den halten organiskt material blir för hög i det översta skiktet får porvolymsdiagrammet följande utseende:



Figur 55: En gammal green utan budget för modifiering med sanddressning får inte mycket marginaler för gräset att trivas enligt porvolymsdiagrammet.

Om en green åldras och inte blir underhållen med sanddressning och luftning, samtidigt som bevattning och gödsling gynnar utveckling av organiskt material syns det i porvolymsdiagrammet att renovering är börjar bli aktuell.

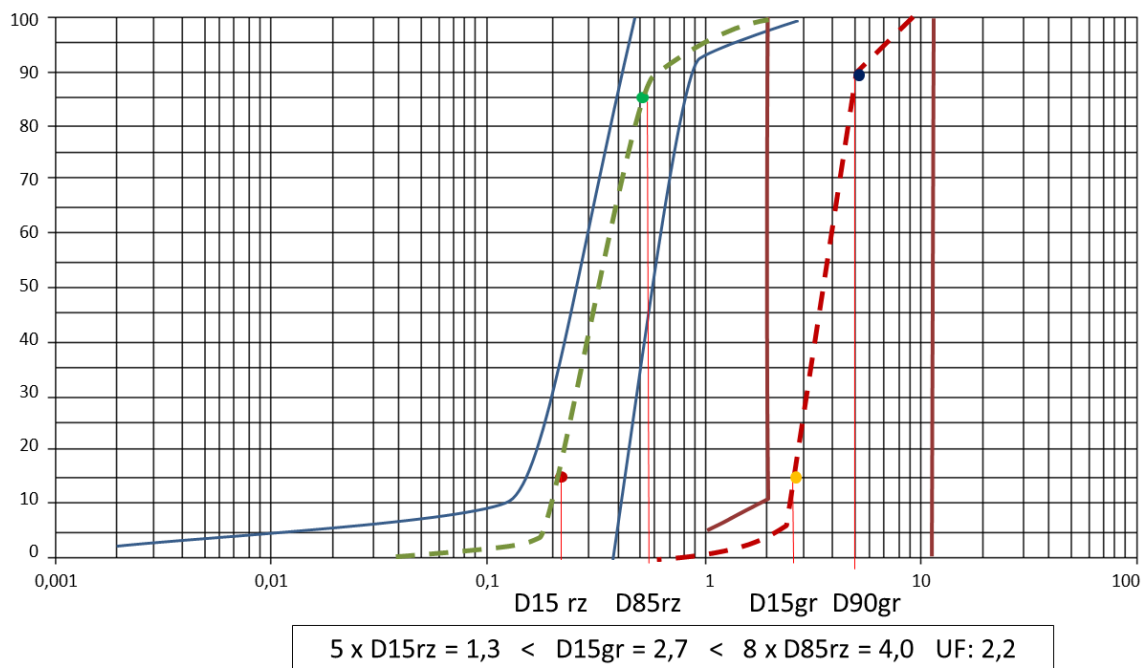
En greenkonstruktion som i princip är en push-up och bara ska användas där marken har lämpliga egenskaper (FLL 2008) får följande porvolymsdiagram:



Figur 56: En tunn såbädd kan fungera om underlaget har gynnsamma egenskaper.

För en push-up green måste även grundvattenytan kartläggas och K_{sat} för materialet i terrassen under såbädden. Då porvolymsdiagrammet visar en åldrande push-up med kompaktering och kanske förändrad grundvattennivå etc, finns goda alternativ för att renovera kostandseffektivt genom spår och slitsdränering och torva om efter jordförbättring.

När det gäller dräneringslagret, så finns det några olika sätt att kontrollera dess egenskaper mot kraven i USGA. Ta ett jordprov och analysera fraktionskurvan, eller att mäta portrycket i green på ett djup strax ovan dräneringslagret och att göra ett perkolationsprov från en nivå just ovan dräneringslagret. Följande exempel visar en nyanlagd green som har bra fraktionsfördelningar både i växtbädd och dräneringslager så att överlappningsfaktor, genomsläpplighetsfaktor och enhetlighetsfaktorn stämmer med USGA rekommendationer.

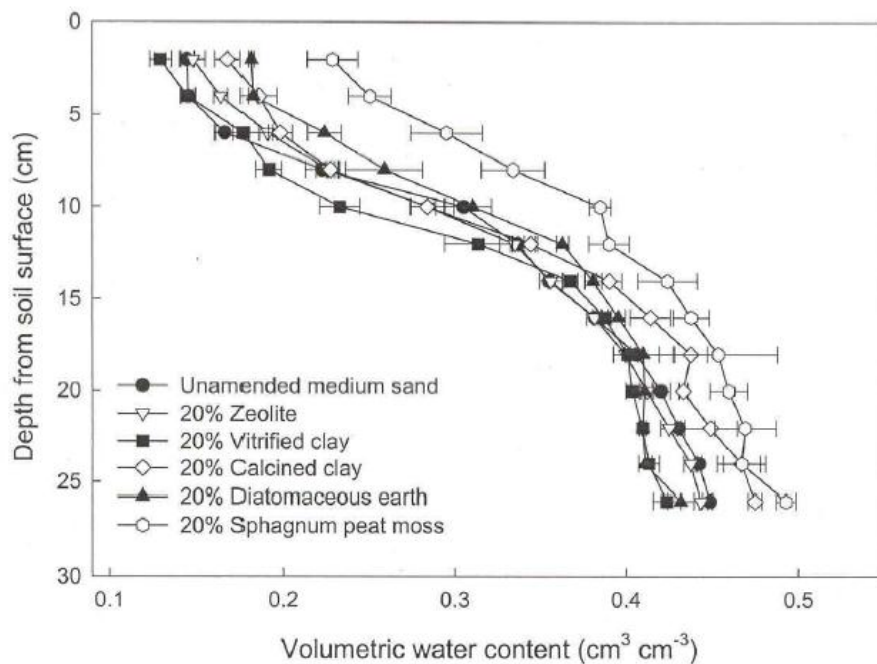


Figur 57: såbäddens fraktionskurva i grönt, dräneringslagrets fraktionskurva i rött.

D15rz är den storlek på partiklar där 15% av materialet är mindre i växtbädden (rz=rootzone, gr=gravel). Man ser i USGA kraven att D15gr aldrig kan vara mindre än 2, dvs D15rz mindre 0,4 alltid ger matchning med D15gr och D85rz större än 0,25 alltid ger tillräcklig överlappningsfaktor. Det gör att överlappningsfaktor och genomsläpplighetsfaktor är mycket sällan ett problem när man väl hittat ett godkänt växtbäddsmaterial. Det är möjligtvis enhetlighetsfaktorn som kan vara begränsande för dräneringsgruset, men det blev lättare då USGA 2004 ändrade den till max 3,0 från tidigare 2,5. Den matchning av materialen som USGA förespråkar verkar inte vara så viktigt sen kraven ändrades 2004.

En extremt likkornig växtbädd (vertikal linje) utan finpartiklar kan bli svår att matcha med dräneringsgruset, men samtidigt vill man inte använda en sådan fraktionsfördelning eftersom den inte håller så mycket vatten och blir väldigt instabil.

USGA tillåter från 2004 icke organiska tillsatser i växtbädden och kräver inte att den skall innehålla organiskt material över huvud taget. Bigelow (2003) undersökte en USGA-sand med olika blandningar av 20 % oorganiskt material och redovisade porvolymsdiagrammet för de olika blandningarna.



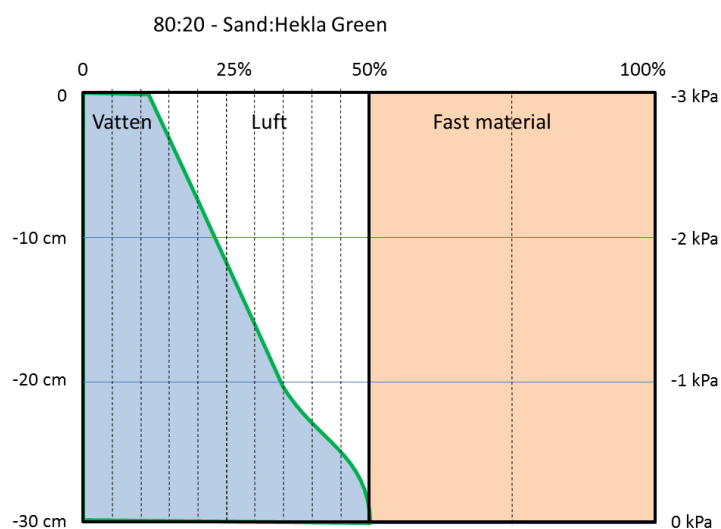
Figur 58: Även oorganiska material påverkar porvolymkurvan för en såbädd. Bigelow (2003)

Baramineraler är ett företag som erbjuder icke organiska tillsatser och har provat olika koncentrationer och analyserat enligt ASTM 1815-(06?) hos ETL i Skottland.

007800/7	007800/7	007800/7				Samples	WATER RETENTION	
							Test Report.	Number: 007800/O page 1 of 1
							Ingredients	
100.0%	100.0%	100.0%					80/20 Sand / Hekla Green	
							ASTM Method : F1815	
04/02/08	04/02/08	04/02/08					Sample Received Date	
moist	moist	moist					Sample Moisture (very wet, wet, moist, dry, n/a)	
friable	friable	friable					Sample Consistency (hard, friable, plastic, n/a)	
medium	medium	medium					Sample Homogeneity (high, medium, low, n/a)	
10cm	20cm	30cm					Tension (cm)	
50.4	50.4	50.4					Total Porosity (%v/v)	
16.0	28.8	37.6					Air-Filled Porosity (%v/v)	
34.4	21.7	12.9					Water-Filled Porosity (%v/v)	
26.8	16.9	10.0					Water Retention (%w/w)	

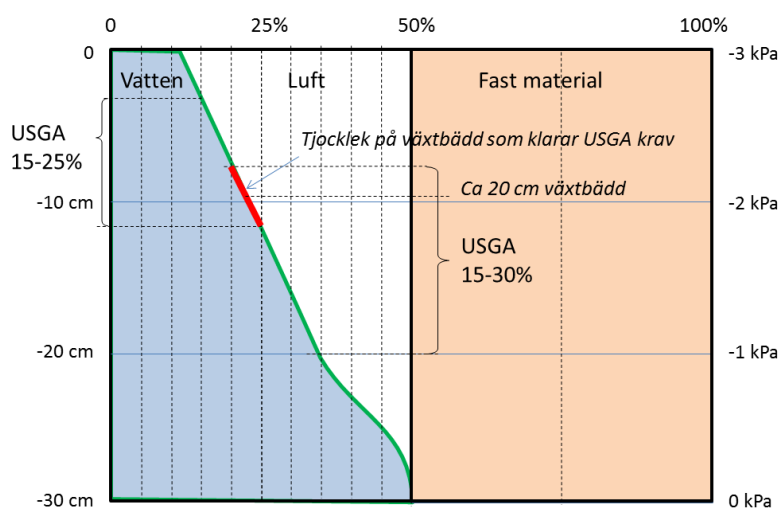
Figur 59: USGA analys av en såbädd med sand och tillsatt 20 % icke organiskt material

Blandningen med 80 % USGA-Sand, 20 % Hekla Green har följande porvolymsdiagram vid 30 cm avvattnande tryck.



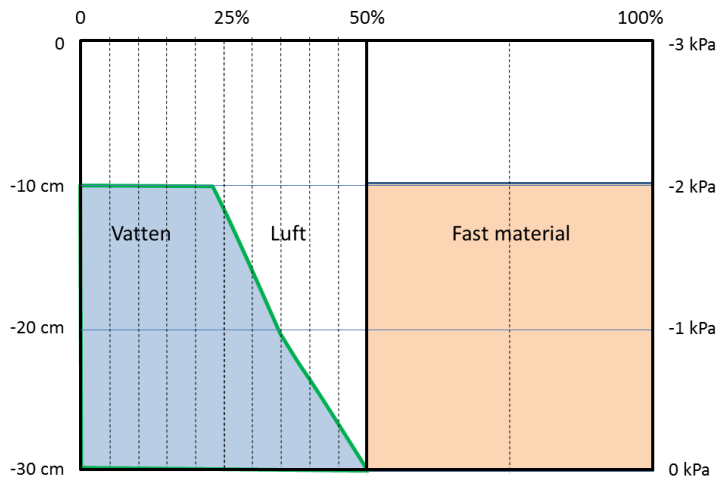
Figur 60: Porvolymsdiagram enligt USGA analysen för olika avvattande tryck.

Växtbädden med tillsatser har för liten vattenhållande förmåga för att klara kraven i en USGA green. Men marginalerna är stora för Ksat och luftfyllda porer. Ett alternativ som Murphy (2007) diskuterar, är att välja ett mindre djup på växtbädden och kanske få en totalt billigare anläggningskostnad (minskad frakt etc). Analyserar man porvolymsdiagrammet så finns det ett område där växtbäddsblandningen klarar kraven på porvolymer enligt USGA 2004.



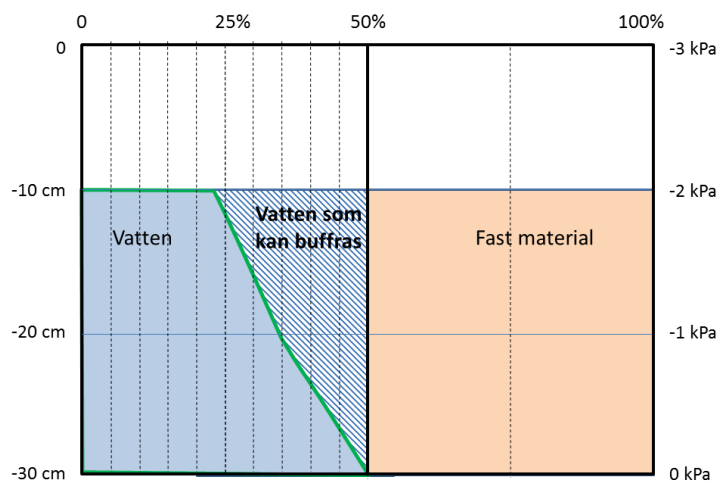
Figur 61: Ett mindre djup på växtbädden klarar prestandakraven enligt USGA.

Denna växtbäddsblandning med ca 20 cm tjocklek, har ungefär 28 % luftfyllda porer och 22 % vattenhållande porer överst i växtbädden.



Figur 62: Mindre djup på växtbädden minskar totalvolymen.

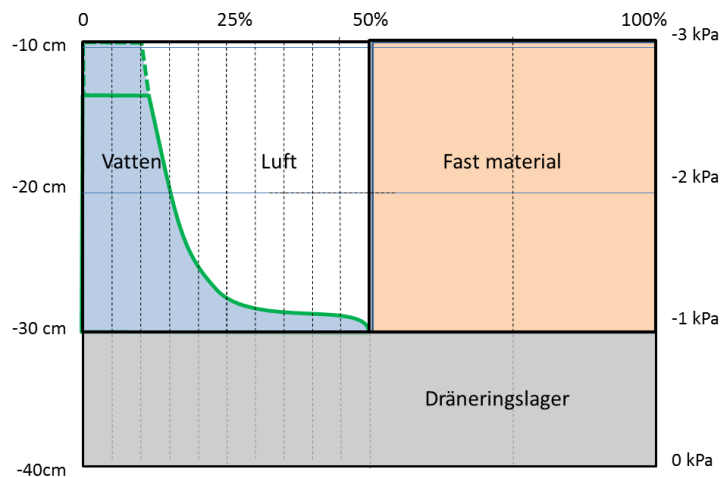
En konsekvens då man använder mindre djup för växtbädden, blir att totalvolymen av växtbädden minskar är att man behöver undersöka om det blir kritiska värden för vilka dimensionerande regn som kan tas omhand.



Figur 63: Vattenmängden som kan buffras minskar med en mindre totalvolym.

Tittar man på hur mycket vatten som kan buffras momentant, och om man bortser från dräneringen, utifrån växtbädden ovan vid dräneringsjämvikt blir det ca 14 % av 200 mm, dvs 28 mm regn. Då klarar man nästan ett dygn av det dimensionerande regn Fridell (2011) använde på KDRGK, och tar man även hänsyn till dränering och evapotranspirationen så kommer växtbädden troligen att klara de flesta svenska regn, om infiltrationen är tillräcklig. Övriga värden för K_{sat} och fraktionsfördelning ändras inte med tjockleken på växtbädden. Den totala vattenhållande förmågan blir mindre vilket gör att bevattningsstrategin måste vara mer noggrann med genomtänkta styrgränser.

ETL anger F1815 i protokollet, men inte årtal. Då ETL är ackrediterade måste man alltid använda den aktuella versionen och i detta fall är det ASTM 1815 från 2006 (analysdatum 2008). Då är porvolymerna egentligen 38 mm längre ner, vilket inte är betydelselöst då man redan minskat djupet i växtbädden. Då McCoy dessutom angett att dräneringslagret i en USGA green skapar 10-12 cm avvattande tryck, så blir dock porvolymendiagrammet för växtbädden ovan lite annorlunda.

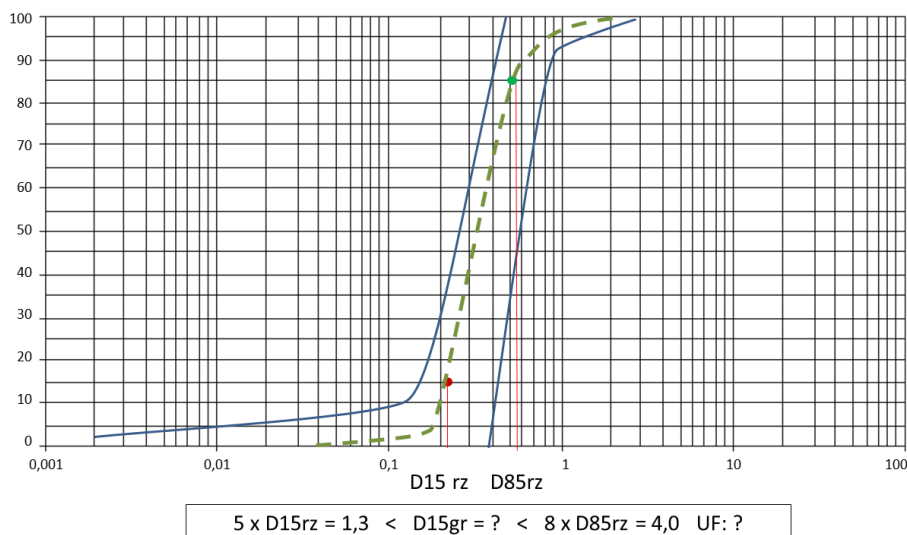


Figur 64: Slutresultatet för porvolymsdiagrammet för en anlagd såvbädd med materialet.

Det innebär att växtbädden i praktiken får en mycket stor luftfylld porvolym, och den vattenhållande förmågan är så låg att det blir torkstress väldigt snart även efter bevattning ända till fältkapacitet. En fördel är att det finns ganska mycket marginal för kompaktion vid åldrande då de faktorer med stora värden är de som visat sig minska med åldern.

Ett annat alternativ med oorganiskt material som kan påverka porvolymerna, är att använda en lokal sand och jordförbättra med oorganiska tillsatser så egenskaperna hos växtbädden ändå klarar USGA kraven. När USGA började tillåta att använda oorganiska material år 2004, ökade möjligheterna att designa såvbäddarna utifrån olika funktionella behov. Enligt Göransson (muntligen) var syftet med växtbäddsblandningen att möta ett konstruktionskrav på max 13 % vattenhållandeförmåga i ytan för en 30 cm såvbädd, vilket man klarade enligt figur 60.

Sanden som använts i växtbädden ovan har följande fraktionskurva:

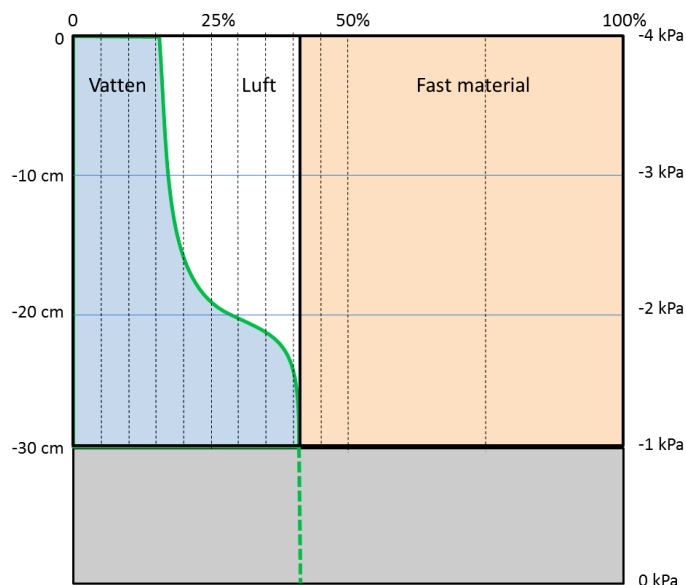


Figur 64: fraktionskurvan hos sanden som Baramineraler använt för att blanda med oorganiska material.

Sanden är ovanligt fri från fina partiklar och har en mycket brant stigning, vilket ger ett lågt enhetlighetsvärde, (dvs hög enhetlighet). En hög enhetlighet riskerar ge en instabil växtbädd som

länge är känslig för körskador innan växtligheten etablerat sig ordentligt. Den logiska konsekvensen är att använda en sand med större andel fina fraktioner, vilket praktiskt är ofta både enklare och billigare.

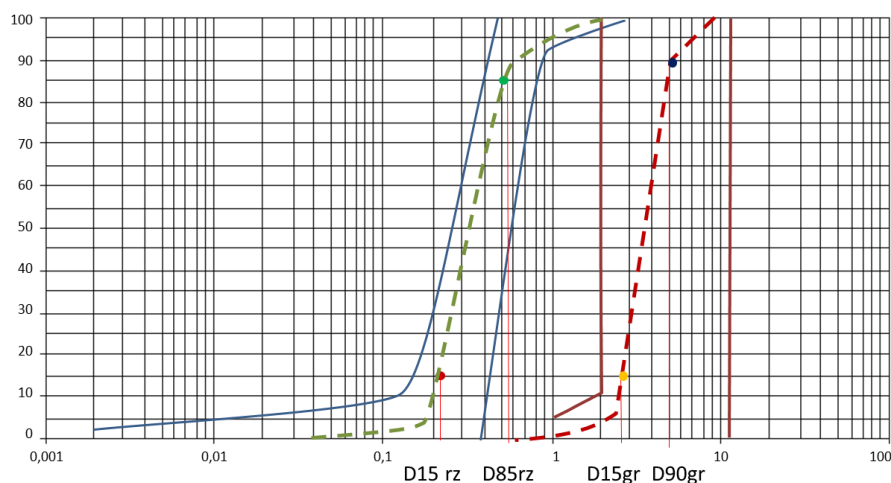
Ett annat exempel på greenuppbyggnad kommer från Sibelco Nordic (pers meddelat, Trygg 2011). Med kompensation för ETL provrörshöjd och McCoys förslag till avvattande tryck från dräneringslagret, erhåller man följande porvolymsdiagram:



Figur 65: Porvolymsdiagram för USGA material från Sibelco Nordic.

Den totala porvolymen är lite låg (jämför 50,4 % i exemplet ovan) men eftersom det mesta är luftfyllda porer så ges ändå en god livslängd för växtbädden med tanke på att det är de luftfyllda porerna som minskar med hos en åldrande green. Buffringen (momentan) av vatten är i detta fall ca 20 % av 200 mm = 40 mm. Det över ett dygn av det dimensionerande regnet Fridell (2011) använde.

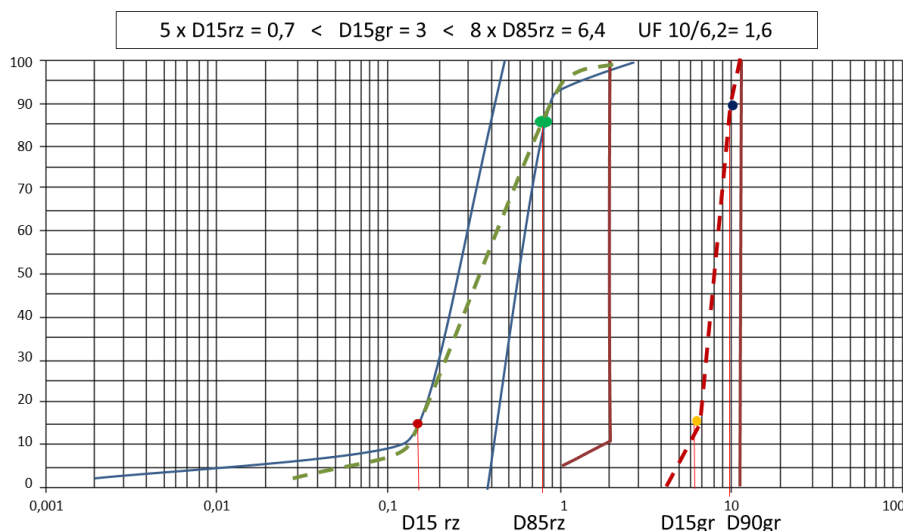
Dräneringsgrusen från Sibelco Nordic är matchad med växtbäddsmaterialet och har följande fraktionskurvor vilka är mycket lika fraktionskurvorna för materialen som Baramineraler använt.



Figur 66: Fraktionskurvor för såbädd med matchande dräneringsgrus från Sibelco Nordic.

Här framgår att både överlappningsfaktorn och genomsläpplighetsfaktorn har goda marginaler. Även enhetlighetsfaktorn för dräneringsgrusen är långt under gränsen 3,0.

Det hade varit intressant att få reda på vilket avvattnade tryck gränsskiktet utövar på växtbädden för en green med högt enhetlighetsindex och maximalt antal små fraktioner tillsammans med grövsta tillåtna dräneringsmaterial som klarar överlappningsfaktorn (som höjdes till max 8 av USGA 2004), samtidigt som UF höjdes till 3,0 för dräneringsgruset). En worst case green helt enkelt.



Figur 67: Fraktionskurvan för två hypotetiska material nära sina gränsvärden för såbädd och dräneringsgrus.

Maximal skillnad mellan D15gr och D15rz ger största möjliga kapillär brytande effekt. Det ger mer vatten- och näringshållande förmåga utan att behöva använda så mycket organiskt material som vi starkt bidrar till en greens åldrande.

Ett försök att hålpipa och dress med USGA sand visade på en annan effekt av annan effekt av textuell diskontinuitet. När poren inte har kontakt med ytan (atomfärstryck i poren) bidrar den inte till fuktspridning i växtbädden förrän växtbädden i övrigt är helt mättad.

Perkolation i en växtbädd som hålpipats kan vara en stor felfaktor vid ASTM analysen av Ksat om poren följer med ett ostört prov till laboratoriet. En effekt av hålpipning med sand, som är grövre än växtbäddsmaterialet, är att sanden kan bli vattenavstötande då poren inte längre har öppen kontakt med greenytan. Vid infiltration efter mindre regn eller vid normal bevattning (strax under fältkapacitet, innan fritt vatten dränerar) kommer det finare materialet i växtbädden först att bli fuktigt och den sandfyllda poren efter hålpipningen får endast vatten när fina materialet i växtbädden blir mättat (vilket det sällan blir). Det gör att stora poren med grov sand inte blir fuktig och kan börja uppträda vattenavstötande. Om poren är öppen vid ytan, kommer dock regnvatten istället att först gå in i den stora poren och snabbt perkolera neråt och sprida vattnet till finkornigare växtbädd längre ner.

Se förloppet på youtube ([odaterad](#))



Figur 68: Hålpipning och dressning med USGA sand i en finkorning såbädd kan skapa önskade resultat.

För att undvika dessa situationer är det viktigt att ständigt lufta och vertikalskära övre delen av green och att inte låta finmaterial, organiskt material, alger och mossor täppa till de stora porerna. När man visuellt inspekterar växtbädden är dessa stora porers egenskaper en viktig observation.



Figur 69: Behandling med Dryject på Söderköpings GK.

Ett år gamla kanaler som skapats med Dryject som fylls med sand med samma kompaktion som växtbädden gör att kanalen inte sjunker ihop som kanaler efter hålpipor riskerar göra, utan behåller sin kontakt med ytan och ger en mer bestående ökning av infiltrationen.

Vattenhalten mättes på olika djup i en green på Svalövs golfbana med tensiometer (personligen meddelat, Göransson). Regn och bevattning dokumenterades, och följande mätvärden erhöles våren och sommaren 2010. Se bilaga 7.4.

För en vecka i april erhöles följande mätvärde:

Dag	Datum	Mättdjup, cm								Nederb.	Bevattn.
		10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm	45 cm		
7	20100419	16,9	14,2	16,2	13,4	13,1	11,5	10,0	33,0		
8	20100420	16,7	14,2	16,0	13,4	12,8	11,4	9,8	32,4		
9	20100421	16,5	14,2	15,8	13,4	12,5	11,2	9,7	31,8		
10	20100422	16,3	14,3	15,6	13,3	12,2	11,0	9,5	31,2		
11	20100423	16,2	14,3	15,4	13,3	12,0	10,9	9,4	30,6		
12	20100424	16,1	14,4	15,2	13,3	11,7	10,7	9,3	30,0	5	
13	20100425	15,7	13,8	14,7	12,3	11,0	9,7	9,0	28,8		
14	20100426	15,3	13,1	14,1	11,3	10,3	8,6	8,6	27,6		

Figur 70: Fuktmätning green 27 Svalövs GK.

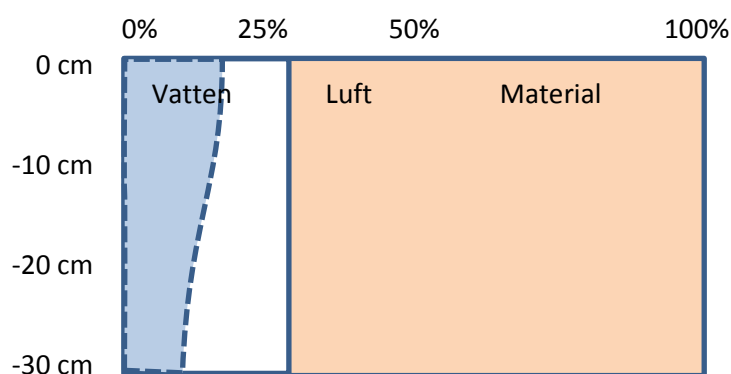
Greenens konstruktion och dränering är okänd vid tillfället för dataanalysen, så vattenhalterna under 40 cm djup är svåra att kommentera. Under hela mätperioden finns ett mönster att greenen håller

mer vatten vid ytan än längre ner. Förutom vid 20 cm djup där vattenhalten är lite högre än på 15 resp 25 cm djup, vilket kan vara mätfel, eller ett tätare skikt. Även i perioder då inget vatten tillförts, har övre delen i växtbädden högre vatteninnehåll vid 10 cm djup än vid 30 cm djup. Detta trots att evapotranspirationen antagligen varit minst 2-3 mm/dygn och tillsammans med det kapillära nedåtgående flödet borde gett en lägre vattenhalt i den övre delen.

Några tänkbara orsaker är:

- Packningen av greenen har gjort att porvolymerna ändrats i den övre delen så att den vattenhållande förmågan är mycket större.
- Finmaterial har tillförts med dressand, vind och smutsigt bevattningsvatten att den övre delen har fått en fraktionsfördelning med mycket mer fina partiklar och därmed större vattenhållande förmåga.
- Mullhalten har ökat i den övre delen, och tillsammans med rötter och levande organiskt material täpper till luftfyllda porer och gör att den övre delen av växtbädden ökar sin vattenhållande förmåga.

Det verkliga porvolymsdiagrammet vid dräneringsjämvikt kanske ser ut enligt följande:



Figur 71: Troligt porvolymsdiagram för green 27 Svalöv GK.

Det gör att bevattningsstrategin bör justeras så man inte förutsätter att växtbädden håller vatten enligt principerna för en USGA såbädd som är nyanlagd.

4.2 Snabbanalys på en växtbädd

Ibland kan det vara intressant att börja med en laboratorieanalys för att sedan besluta om behov av vidare analyser. Det kan finnas indikationer på problem att gå vidare med, eller så behövs omfattning/utbredning av ett problem klargöras.

I samband med behandlingar med Dryject har ett flertal växtbäddar analyserats med Eurofins USGA analys (se bil 7.2), ibland både före och efter. Nedan redovisas resultaten av dessa snabbanalyser och hur väl de räckte för beslutsunderlag eller andra ställningstaganden.

4.2.1 Vångavallen

Vångavallen är en fotbollsplan i Trelleborg, som fick ställa in första matchen våren 2011 pga dålig gräsmatta. Genom kraftig stödsådd fick man gräs etablerat och kunde börja spela på plan i slutet av april. I april analyserades växtbädden enligt Eurofins USGA prov.

	21 april 2011		15 juni 2011
	0-10 cm	0-20 cm	0-10 cm
>1.0mm	12,6	14,7	
0.25-1.0mm, grov + medium sand	60,8	50,4	
<0.15mm, fina partiklar	12,8	21,0	
Perkolation, mm/h	16	23	
Bulkdensitet, g/cm ³	1,52	1,57	1,49
Partikeldensitet	2,60	2,60	
Luftfylld porositet, %v/v -30 cm	→ 5,7	3,8	12,8
Vattenfylld porositet, %v/v -30 cm	36,0	36,0	30,9
Total porositet, %v/v	41,7	39,8	43,7
Vattenhållande förmåga, %w/w -30 cm	23,8	23,0	20,8

30 ton USGA sand tillfört med **DryJect**

Figur 72: Mätvärden Vångavallen enligt Eurofins USGA analys.

Vångavallens fotbollsplan i Trelleborg är en gammal jordplan byggd på 1930-talet, kompletterad med täckdikning för ca 20 års sen. Det största problemet var att luftfyllda porerna i de översta 10 cm hade mindre än 5% luft enligt ASTM 1815-97. I maj och juni, bearbetades fotbollsplanen med Dryject för att tillföra mer sand i det översta 10-15 cm och få större porvolym, mindre kompaktion och bättre infiltration. Efter dessa behandlingar togs nya USGA prover i juni 2011 och de luftfyllda porerna hade ökat till drygt 12%. I detta fall fungerade laboratorieanalysen tillräckligt bra som beslutsunderlag eftersom man främst var ute efter mer porvolym.



Figur 73: Vångavallen behandlades två gånger med Dryject mellan analyserna.

4.3.2 Fotbollsarena X

Fotbollsarena X byggdes enligt USGA kriterier för växtbädden och invigdes för några år sen. Driften sköts av en extern organisation men styrs av ett skötselschema som beställaren ansvarar för. Speltrycket har varit stort och slitaget syns på gräsmattan. Vissa delar har blivit så slitna att man torvar om dem, vilket är ganska vanligt på stora fotbollsarenor. En del av planen har väldigt dålig täckningsgrad, och man undersökte hur den anlagts men fann inga felaktigheter. Prover på två ställen (en plats med problem, och en plats utan problem) togs och testades med Eurofins USGA analyser.

	A: Svag		B: Stark
	A: 0-10 cm	A:10-20 cm	B: 0-10
>1.0mm	6,0	5,0	6,1
0.25-1.0mm, grov + medium sand	83,5	85,5	84,6
<0.15mm, fina partiklar	4,1	3,6	3,8
Perkolation, mm/h	17	469	7
Bulkdensitet, g/cm ³	1,49	1,47	1,50
Luftfylld porositet, %v/v -30 cm	8,6	22,5	14,7
Vattenfylld porositet, %v/v -30 cm	34,1	20,8	27,8
Total porositet, %v/v	42,7	43,4	42,5
Vattenhållande förmåga, %w/w -30 cm	22,9	14,1	18,6

Figur 74: Mätvärden Fotbollsplan X enligt Eurofins USGA analys.

Proverna analyserades samtidigt som skötselhistoriken beaktades för att få klarhet i varför situationen uppstått och för att kunna föreslå åtgärder. Analyserna visade på en mycket bra växtbädd, förutom låga värden på Ksat, vilket inte stämde med övriga parametrar. Genom visuell granskning av den översta delen av växtbädden gjordes bedömningen att det var ovanligt mycket alger och döda växtdelar i ytan. Troligen bildas ett område som täpper till växtbädden som ett lock. Planskötarna vittnar om stående vatten på ytan i ett litet område på den sydvästra delen, och att det ofta krävs att ytan vattnas av spelmässiga skäl både vid träning och vid match. En fotbollsplan får mycket torvor vid spel och man använder en vält som är betydligt tyngre än de vältar som används på golfbanor. Denna del av arena ligger i sydvästra delen vilket innebär att den har sämsta möjliga ljusförhållande på en arena med läktarna nära planen och med regnskyddande tak. Den ljusramp som finns är antingen otillräcklig i sin kapacitet, eller besvärlig att använda, för den utnyttjas inte till fullo. Fläktar för luftcirkulation används inte.



Figur 75: Perkolationstest för att klargöra motstridiga värden för Ksat.

Här visade det sig att laboratorieanalysen inte var tillräckligt för att dra slutsatser. Det behövdes ingående diskussioner och fler fälttester av hur växtbädden fungerade de översta 5 cm för att få bättre klarhet i situationen. De yttre faktorerna hade stor betydelse och är en viktig del i fortsatt analys. Då detaljkunskapen och erfarenheterna från den praktiska skötseln finns i den externa skötselorganisationen, blev det aldrig helt klargjort om analysresultaten harmoniserade med de erfarenhetsmässiga observationerna.

4.3.3 Vreta Kloster GK

Vreta Kloster i Östergötland har under året tyckt att greenerna har haft en del områden med svagare gräsväxt och man ville undersöka om USGA prover kunde förklara orsakerna.

	Bra pkt B: 0-10 cm	Svag pkt A: 0-10 cm	A:10-20 cm		
0.15-0.25mm, finsand	20,0	7,6	9,1		<20%
0.05-0.15mm, mycket fin sand	19,4	2,7	3,1		<5%
silt och lera, <0,05 mm	10,7	1,4	0,8		<8%
>1.0mm	13,0	2,7	1,3		<10%
0.25-1.0mm, grov + medium sand	37,0	85,6	85,8		>60%
<0.15mm, fina partiklar	30,1	4,1	3,9		<10%
Perkolations, mm/h	36	312	115		>150 mm/h
Bulkdensitet, g/cm ³	1,57	1,56	1,59		
Luftfylld porositet, %v/v -30 cm	4,8	13,1	13,0		15-30%
Vattenfylld porositet, %v/v -30 cm	35,0	26,8	25,8		15-25%
Total porositet, %v/v	39,8	40,0	38,8		35-55%
Vattenhållande förmåga, %w/w -30 cm	22,3	17,2	16,2		
pH (H ₂ O), (SS-ISO 10390)	5,1	5,2	5,6		
Glödningsförlust (%) KLK 1965:1	2,1	1,9	1,3		

Figur 76: Mätvärden Vreta Kloster GK enligt Eurofins USGA analys.

Här visade USGA proverna att växtbädden var väldigt inhomogen. Två prover på samma green med fem meters avstånd hade mycket stora olikheter i fraktionskurvan. Växtbädden i den del av green där gräset var bra hade alldeles för fina fraktioner i området 0-10 cm, för liten andel luftfyllda porer och perkolationen var en femtedel jämfört med resten av växtbädden. Detta gör att fuktigheten i växtbädden blir väldigt olika och bevattningen svår att styra. Troligen har den delen av green som fungerat bra hållit kvar vatten (låg Ksat, hög andel fina partiklar, lite mer mullhalt) och i den svaga punkten har vattnet runnit rakt igenom och tagit all näring med sig.

Hela greenen fick en behandling med Dryject och ganska mycket Permopore blandat med sanden, som dels skall hålla fukten i delen med tendenser till torrfläckar, och dels så ökar infiltrationen i den mer finkorniga delen.



Figur 77: Greenen tillfördes Permopore med Dryject efter analysen.

Laboratorieanalysen var användbar, stämde överens med erfarenhetsobservationer och banchefen har valt att ytterligare tillföra jordförbättringsmaterial i greenen och noga följa fuktigheten med en TDR markfuktmätare för vidare analys.

4.3.4 Bråvikens GK

Bråvikens golfbana hade egentligen inga direkta problem, men klubbchefen ville i förebyggande syften analysera en green och planera skötsel för kommande år.

0.15-0.25mm, finsand	10,4	16,2	10,3
0.05-0.15mm, mycket fin sand	6,0	8,7	5,9
silt och lera, <0,05 mm	3,2	3,4	3,1
>1.0mm	8,2	10,4	8,0
0.25-1.0mm, grov + medium sand	72,3	61,3	72,7
<0.15mm, fina partiklar	9,2	12,1	9,0
Perkolation, mm/h	1	71	10
Bulkdensitet, g/cm ³	1,4	1,7	1,5
Luftfylld porositet, %v/v -30 cm	5,8	7,5	7,4
Vattenfylld porositet, %v/v -30 cm	39,7	26,5	36,5
Total porositet, %v/v	45,6	34,0	43,9
Vattenhållande förmåga, %w/w -30 cm	28,1	15,5	25,0
pH (H ₂ O), (SS-ISO 10390)	5,7	6,1	5,6
P-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	6,5	5,0	8,3
K-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	6,3	4,4	7,1
Mg-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	7,4	4,3	7,9
Ca-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	42,0	24,0	43,0
Glödningsförlust (%) KLK 1965:1	3,9	0,6	3,6

Figur 78: Mätvärde Bråvikens GK på två greener och två djup på den ena, enligt Eurofins USGA analys.

Det visade sig att greenen hade ett mycket kompakt lager med organiskt material de översta fem cm. Perkolationen var mycket låg. Den lägsta Eurofins någonsin uppmätt (muntligen, Gustavsson) och ytterligare fältanalys visade stor andel organiskt materialet i området 0-7 cm, i en ganska lös, smetig form. Man kommer att arbeta med luftning och att ta bort organiskt material och följa mullhalten under nästa säsong. Laboratorieanalysen fungerade och visade intressanta tendenser, men ingen djupare diskussion utifrån erfarenhetskunskap genomfördes. Då perkolationen hade extremvärden, kanske en fältanalys att börja med varit lika användbart (med facit i hand) då mullhalten troligen var det mest intressanta att studera effekterna av.

4.3.5 Kärradals golfbana

Kärradals golfbana i Halland är en korthåls golfbana öppen främst sommartid. Greenerna är enklast möjliga push-up med en sandjord som växtbädd, byggda 1991 och har haft sprutförbud sen starten.



Figur 79: Kärradals golfbana hade greener som legat i träda två år innan de analyserades inför renoveringsbeslut.

Under tjugo år har greenerna varken fått stickluftning, vertikalskärning eller hålpipning, endast vatten och näring. Under några år fick greenerna lättare sanddressning, men väldigt oregelbundet de senaste tio åren. Detta har trots allt fungerat eftersom slitaget är minimalt, spelsäsongen är lika kort som badsäsongen och inga tunga maskiner kör på greenerna.

	Green	
	A	B
>1.0mm	4,2	
0.25-1.0mm, grov + medium sand	72,7	
<0.15mm, fina partiklar	14,3	
Perkolation, mm/h	96	
Bulkdensitet, g/cm ³	1,23	1,23
Luftfylld porositet, %v/v -30 cm	25,60	13,6
Vattenfylld porositet, %v/v -30 cm	27,2	39,3
Total porositet, %v/v	52,7	52,9
Vattenhållande förmåga, %w/w -30 cm	22,1	32,1
pH (H ₂ O), (SS-ISO 10390)	4,7	4,9
P-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	3,3	
K-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	6,3	
Mg-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	7,6	
Ca-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	19	
Glödningsförlust (%) KLK 1965:1	3,7	

Figur 80: Mätresultat Kärradals golfbana enligt Eurofins USGA analys.

En green A som definitivt har passerat sitt bäst-före-datum analyserades med Eurofins USGA analys. Green B analyserades endast avseende porvolymerna. Resultaten visade extrema värden för en åldrad green. Perkolationen var förvånansvärt hög 96 mm/h. Glödningsförlusten var hög men ändå upplevdes den mindre än väntat, för filten var extremt tjock och tät på båda greenerna.



Figur 81: Skiktbildning i en green som med god marginal passerat sitt bäst-före-datum.

Bevattningsvattnet innehåller mycket silt, banan ligger blåsigt vid havet och finpartiklar sprids med vinden in på banan, vilket kan förklara mängden finpartiklar i fraktionsfördelningen. Eftersom bulkdensiteten är extremt låg, måste mängden organiskt material ha stort volymsinnehåll. Då pH är under fem finns inte mycket mikroliv som bidrar till nedbrytning av organiskt material, så det hänger ihop med övriga resultat i analysen.

Den värde som är minst logiskt och visade sig annorlunda vid fältprovet är perkolationen. Med infiltrationsprov i fält var den mindre än 5 mm/h. Sammantaget visade laboratorieanalysen att greenen är för gammal och förlorat sina egenskaper som fungerande växtbädd. Sju av nio greener är nu ombyggda, men två skötselrenoveras i studiesyfte eftersom grässorterna som vant sig vid tjugo års (miss)skötsel är intressanta att följa i framtiden.

5 Slutsatser

Är analysmetoder för såbäddsmaterial lämpliga för utvärdering av en golfgreen?

USGA analyser gjorda på ostörda prover, är nödvändigt men inte enbart tillräckligt för bedömning av en greens funktion och åldrande.

Den mättade hydrauliska konduktiviteten har stora mätosäkerheter. Den vattenhållande förmågan mäts med 30 cm avvattande tryck, men förändrad dränering och skiktbildningar i en åldrande green gör att andra avvattande tryck troligen är mer aktuella. Mätning av mullhalt genom glödningsprov är ett grovt mått för att få en uppfattning om denna övre del av greenen som är så kritisk för gräsplantans funktion och de komplexa samband som finns med andra faktorer är inte helt kända.

Att använda ostörda prover medför delvis en annan hantering av jordprovet, jämfört med den standardiserade beredningen av jordproverna och ger nya felfaktorer i hanteringen vars storlekar inte är kända.

Går det att förenkla ASTM analyser av USGA greener?

Egna mätningar fungerar ofta bra för att se tendenser på markfysikaliska förändringar och tidiga indikationer på problem. För svenska 80:20 greener byggda på 1980- och 1990-talet är dräneringens funktion och grundvattennivån speciellt viktig att fastställa. Fritt vatten i botten på en green ger ca 15 cm högre nivå på kvarhållande vatten vid dräneringsjämvikt än nivån ovan ett dräneringslager. Det får stora konsekvenser för hur mycket vatten som kan infiltreras innan dräneringen måste avvattna såbädden, och även för styrningen av bevattningen.

Siktsåll och perkolationstest i olika former är de viktigaste instrumenten för att fältmässigt följa en greens markfysikaliska utveckling. Egna ostörda prover kan mättas, vägas, dräneras och torkas för att få vissa grova indikationer för porvolymerna i en green. Även fuktmätare kan användas för daglig information om växtbäddens funktion.

Rekommendationer för markfysikaliska analysmetoder av svenska greener

För greener byggda enligt USGAs rekommendationer bör ostörda prover omfatta hela konstruktionens profil, både såbädden och dräneringslager, för att få korrekta porvolymsdiagram och bör utvärderas mot McCoys rekommendationer (se figur 19) för porvolym i växtbädden.

- **19-24% luftporer överst i green**
- **12-18% medelluftporositet i översta 10 cm**
- **Minst 15% luftporer 10 cm ner**
- **10-15% luftporer 15 cm ner**

ASTM 1815 har en metod som packar såbäddsmaterialet utan att ta hänsyn till vilken fuktighet som är mest kritisk. Proctor-test kanske ska övervägas vid anläggning av USGA greener så den bortre gränsen för kompaktion fastställs.

Det organiska materialet har en så komplex sammansättning och samband med många andra faktorer (bl.a. perkolation, andel finsand, nedbrytningshastighet, rotmassa, kompaktion, porvolym,

skottäthet, mikrobiologisk aktivitet) att det är svårt att dra några slutsatser om hur det ska analyseras eller vilka effekter olika värden har. För mycket organiskt material är inte bra, det har alla undersökningar visat, men under normal drift och i brist vetenskapliga slutsatser, är inverkan av mullhalten bäst att observera utifrån erfarenhetskunskap med stöd av analyser och fältmätningar.

6 Referenser

Aamlid, T. (2005). *Organic amendments of sand based golf greens. Effects on establishment rate, root development, disease occurrence and nutrient leakage during the first year after sowing*. 10th International Turfgrass Research Conference, Llandudno, Wales, July 10th - 15th, 2005.

American Society of Golf Course Architects, ASGCA (2006) *Golf course items – expected life cycle* <http://www.idrewrogers.com/content/userfiles/Life%20Cycle%20Chart%20%20July%2006.pdf> online 2011-02-01

Arthur J. (2003). *Practical greenkeeping* (2nd ed). R&A

American Standard for Testing of Materials, ASTM (2011) *F1815 Standard Test Methods for Saturated Hydraulic Conductivity, Water Retention, Porosity, and Bulk Density of Athletic Field Rootzones*, PA, USA

Baker S. W. (1997) *Layers in golf green construction*, STRI, Bingley, UK

Baker S. W., Mooney, Cook (1999) *The effects of sand type and rootzone amendments on golf green performance*. Journal of Turfgrass Science Vol. 75 (1999)

Bell G. (2011) *Turfgrass physiologi and ecology*. Oxfordshire, UK. Cabi.

Bennrup, M. (2008), *Golfbanedränering - en studie av teori och praktik*, Sveriges Lantbruksuniversitet (SLU), Alnarp.

Berggren T. (2010) *Renovering av golfgreener - Planeringsprocess och möjliga metoder*, LTJ-fakulteten, SLU Alnarp.

Bigelow, C. (2001). *Water retention of sand-based putting green mixtures as affected by the presence of gravel sub-layers*. International Turfgrass Society Research Journal no 9.

Bigelow, C. (2004). *Physical Properties of Sand Amended with Inorganic Materials or Sphagnum Peat Moss*. USGA Turfgrass and Environmental Research Online 3(6):1-14.

Blombäck K. (2008) *En greens åldrande: Förändringar av växtbäddens biologiska, fysikaliska och kemiska egenskaper under en sexårsperiod*, emergo 2008:1, SLU Ultuna.

Brame B. (2008) *Affirming Firmness*, USGA Green Section Record, March 2008

Cashel R. H. (2005) *Traffic tolerance of bentgrass cultivar grown on a sand based root zone*. International Turfgrass Society Research Journal Volume 10, 2005.

Chong, Zhang, Boniak, Huang, and Ok (2006) *Saturated Hydraulic Conductivity of Coarse-textured Rootzone Mixes*. USGA Turfgrass and Environmental Research Online 5(11):1-10.

Dannerberger, K. (2005) *Core Cultivation* http://buckeyeturf.osu.edu/index.php?option=com_content&view=article&id=1182&catid=1:latest-news&Itemid=170 online 2011-02-01

- Dryject (odaterad). *How it works*. <http://www.dryject.com/dryject/howitworks/index.php> online 2012-02-01
- Ekelöv J. (odaterad A). *Utvärdering av markfuktsensorer och prognosmodeller för styrning av bevattning i potatis*, SLU Partnerskap Alnarp
- Espevig, T. (2011.) *Winter hardiness and management of Velvet bentgrass on golf greens in the Nordic climate*. Dept. Plant and Environmental Science, UMB, Thesis 2011:14
- Ferro S. (2006). *Physical soil testing*. USGA GSR nov/dec 2006
- Ferro S. (2007). *Lab X says my perc rate is 27 in/hr, but Lab Y say it's only 21 in/hr. How can that be?* <http://www.turfdiag.com/Lab%20X%20Article%20-%20Earth%20Shaping%20News%203rd%20Qtr%2007.pdf> online 2011-12-01
- Fridell, K. (2011) *Växtbäddar och avvattningslösningar för sportgräsytor*, SLU Alnarp
- Gaussion R. (2007) *Soil physical and chemical characteristics of aging golf greens*. GCM Jan 2007.
- Gaussoin R. (2011) *conference presentation*. <http://turf.unl.edu/extpresentationspdf/GatewayConference2011OrganicMatter.pdf> online 2011-11-01
- Gustavsson B. (2007) *Måste vi bygga om greenen Eller räcker renovering?* Grönyteleverantörerna nr 2/2007
- Happ K. (1995) *Sampling for results – the methods are important*. Green Section Record, sept 1995.
- Hartwinger C. (2004) *The Importance of Organic matter dynamics*, GCM may/june 2004
- Hind, P.D., Baker, S.W., Lodge, T.A., Hunt, J.A. & Binns, D.J. (1995). *A survey of golf greens in Great Britain. I. Soil properties*. J. Sports Turf Res. Inst., 71: 9-22.
- Holmes J. (1967). *Puttning green construction*, GSR March 1967
- Hummel N. (1993). *Rationale for the Revisions of the USGA Green Construction Specifications*. CGM April 1993
- Hummel N. (1994) *Revisiting the USGA green recommendations*, GCM July 1994
- Hummel N. (1998). *Which root-zone recipe makes the best green?* GCM Dec 1998
- Hummel & Co (odaterad A) http://www.turfdirector.com/pdfs/TestingServicesPriceList_2011.PDF online 2012-01-01
- Hurdzan M. (2004) *Golf greens. History, design and construction*. Wiley, USA
- International Sports Turf Research Center ISTRC (odaterad) *ISTRC's guidebook to your greens* <http://www.istrc.com/documents/ISTRCGuidebook.pdf> online 2011-01-01

- International Sports Turf Research Center ISTRC (2008) *Sample report sand based green*.
<http://www.istrc.com/documents/Full%20Report%20Sample%20%20-%20Sand-Based%20Green.pdf> Online 2011-02-01
- Johansson, L. (1996) *Litteraturstudie om vinterskader på golfgreenar*, Växtodlingslära, SLU
- Jönsson, C. (2011). *Ombyggnad av Norges äldsta golfbana*. LTJ, SLU Alnarp.
- Karlsson, I. (1996) *Sportgräsytor etablering och skötsel – erfarenheter från ett markbyggnadsförsök*. SLU, Soil Science, Uppsala
- Larsbo M. (2008) *Fungicide Leaching from Golf Greens: Effects of Root Zone Composition and Surfactant Use* J. Environ. Qual. 37:1527–1535
- Letey, J. (1969). Measurement of contact angle, water drop penetration time and critical surface tension. In: *Proc. Symp. Water Repellent Soils*, Univ. of California, Riverside, pp. 43-47.
- Liu C. (2004) *Effect of rootzone composition and cultivation/aeration treatment on the performance of golf greens under new zealand conditions*. Thesis, Massey University, New Zealand
- Liu C. (2005a) *An integrated rate methodology approach for predicting golf green performance*. International Turfgrass Society Research Journal Volume 10, 2005.
- Liu C. (2005b) *International An investigation of organic matter levels in New Zealand golf greens*. Turfgrass Society Research Journal Volume 10, 2005.
- Li, Deying. (2001) *Physical properties of golf and sports turf root-zones as affected by amendments, construction methods, and management practices*, dissertation, Iowa State University, Ames, USA
- Lundström C. (1992) *Växtnäringsutlakning från golfgreenar: Metodik och preliminära resultat*
http://www.vaxteko.nu/html/sll/slu/semin_vattenvardslara/SVV17/SVV17.HTM online 2012-01-19
- Lunt O. R. (1956). *Minimizing compaction in putting greens*. USGA Journal and Turf Management sept 1956
- McCarty L. B. (2011). *Best Golf Course Management Practices* 3 ed. Prentice Hall, USA
- McCoy D. (1992). Quantitative physical assessment of organic materials used in sports turf root zone mixes. *Agronomy J.* 84: 375-381
- McCoy Ed (2003) *Profile Layering, Root Zone Permeability, and Slope Affect on Soil Water Content during Putting Green Drainage*. *Crop Science* 43:985–994 (2003).
- McCoy Ed (2009) *Simulation of putting-green soil water dynamics: implications for turfgrass water use*. *Agricultural water management* (2009) 405 – 414.
- McCoy Ed (odaterad). *Drainage Systems for Golf Courses*. Ohio State University
<http://www.oardc.ohio-state.edu/ss540/textbook.asp> online 2011-01-01
- McInnes K. and Thomas (2011) *Water Storage in Putting Greens Constructed with USGA and Airfield Systems Designs*. Department of Soil and Crop Sciences, Texas A&M University, USA

- McIntyre K. (2000) *Practical drainage for golf, sportturf and horticulture*. NJ, USA. Wiley & Sons
- Miller R. (2000) *SHC Study*, Colorado State University <http://turf.lib.msu.edu/rprl/594.pdf> Online 2012-01-10
- Moore, J (odaterad) *Green Renovation Case Study No. 1*
http://www.usga.org/course_care/course_construction/case_studies/green_renovation/Green-Renovation-Case-Study-No--1/ online 2011-12-01
- Moore, J. (2004) *Revising the USGA recommendations for a Method for putting green construction*, Green Section record May/June 2004
- Morris K. (odaterad) *NTEP Turfgrass evaluation guidelines*
<http://ntep.org/reports/ratings.htm#quality.htm> online 2012-02-01
- Murphy, J. W.; Field, T. R. O.; Hickey, M. J. (1993). *Age development in sand-based turf*. International Turfgrass Society Research Journal. Vol. 7, 1993, p. 464-468.
- Murphy, J. (1998) *Assessing root zone mixes for putting greens over time under two environmental conditions*. Rutgers University, NJ, USA
- Murphy, J. (2007) *Rootzone Amendments for Putting Green Construction*. GSR May/June 2007
- Nelson, B Erik (2003). *Biological control of turfgrass diseases*. Advances in Plant Disease Management, 2003: 15-91
- Nilsson A. (2005) *Olika metoder och tekniska hjälpmedel för att bestämma bevattningstidpunkt*. LTJ, SLU Alnarp.
- Ok et al. (2003) *Greens Management*. Agron. J. 95:1583–1590.
- Page, R. (2005) *The development of a scientific framework for the determination of performance liability of rootzones supplied into the sports industry by members of the British Top-dressing and Rootzone manufacturers association*. Thesis, Cranfield University. UK.
- Patent US 5672813 (1997) *Turf analysis method employing substantially undisturbed soil samples and strata thereof*. <http://ip.com/patent/US5672813> online 2011-10-01
- Research Society for Landscape Development and Construction (FLL) (2008), *Guidelines for the Construction of Golf Courses – Golf Course Construction Guidelines*, Bonn, Tyskland.
- Samaranayake H., Lawson, Murphy (2009) *Effects of traffic stress on bentgrass greens and fairway turf*. GCM Jan 09.
- Scandinavian Turfgrass and Environmental Research Foundation (odaterad). *Rambeskrivning integrerat växtskydd*. http://sterf.golf.se/extra/pod/?action=pod_show&id=138&module_instance=1 online 2012-02-01
- Stier J. C. (1995) *Fertility strategies for turfgrass in shades areas*
<http://archive.lib.msu.edu/tic/mitgc/article/1995181.pdf> Online 2012-01-01

Svenska Golf förbundet (SGF) (2003). *Greenuppbyggnad*. SGF, Stockholm..

Svenska Golf förbundet (SGF) (2010), *Golfbanan – Bygga om helt, delvis eller inte alls – Handbok för en golfbanas renovering*, Stockholm.

United States Golf Association (USGA) (1993) *USGA recommendations for a putting green construction*. GSR May/June 1993.

United States Golf Association (USGA) (2004), *Putting Green Construction*, New Jersey, USA.

USGA (odaterad A) confidence intervals

http://www.usga.org/course_care/articles/construction/greens/Guidelines-for-Establishing-Quality-Control-Tolerances/ online 2012-01-14

Vavrek, R. (1995). *A Successful Topdressing Program Requires Consistency, Commitment, and Communication*. USGA Green Section records, Sept 1995

Vermeulen P. (2004) *Complete reconstruction or partial renovation*. GCM May 2004

White, B. (2006) *Rebuild or Resurface*. GSR Jan/Febr 2006.

Youngs, E. G., D. E. Elrick and W. D. Reynolds (1993). *Comparison of steady flows from infiltration rings in "Green and Ampt" and "Gardner" soils*. Water Resources Research 29(6): 1647-1650.

Youtube (odaterad) http://www.youtube.com/watch?v=T_qoJkMvIZw online 2011-12-01

Personliga referenser

Aamlid, T. (2011). *Korrespondens och samtal*. Forskare, Bioforsk.

Fridell, K (2011). *Kontinuerlig korrespondens och samtal*. Examinator Golfbanedrift, SLU Alnarp, Landskapsutveckling.

Gustavsson, B. (2011). *Kontinuerlig korrespondens och samtal*. Analysansvarig, Eurofins.

Göransson, B. (2012). *Kontinuerlig korrespondens och samtal*. Produktansvarig, Baramineraler.

Hagberth, L. (2011). *Samtal*. Klubbchef, Mölndals GK.

Lundin, C (2011). *Korrespondens och samtal*. Golfbanearkitekt, Banutvecklingsgruppen Mölndals GK.

McCoy, E (2012). *Korrespondens*. Ohio State University.

Sharon, B (2011). *Samtal*. Laboratory Manager & Director, ETL, UK.

Sintorn, K (2011). *Korrespondens och samtal*. SGF bankonsulent, Banutvecklingsgruppen Mölndals GK.

Trygg, L. (2011). *Samtal*. Produktansvarig. Nordic Sibelco

7 Bilagor

7.1 Protokoll fältmätningar Mölndals GK

Protokoll som användes för fältmätningar på arton greener Mölndals GK 2011.

Penetrometer (max/djup)	1: 3 6 9	2: 3 6 9	3: 3 6 9	Snitt:
Vridstyvhet (0-15 cm)	1:	2:	3:	Snitt:
Hålplugg 1	Thatch cm:	Filt cm:	Rotdjup cm:	Skikt cm:
Hålplugg 2	Thatch cm:	Filt cm:	Rotdjup cm:	Skikt cm:
Hålplugg 3	Thatch cm:	Filt cm:	Rotdjup cm:	Skikt cm:
Wet Drop Penetration Test (sek)	1 cm	2 cm	4 cm	10 cm
Siktanalys terrass (text)				
Perkolation Tid för 25 mm vid 5 cm rörprov	5-10 cm:	15-20 cm:	25-30 (Drän/terrass):	
Infiltrationsmätning mm/5 min				
Aktuell fuktighet (Blöt, fuktig, torr)				
Photo Active radiation				
Gräsbedömning (mer än 80%)	Grässort	Täthet	Mossa/alger/ogräs	Annat
Gräs vårstart (mindre än 80% täckning)	Gräsyta		Spelyta	

7.2 Utökat SGF greenprotokoll utökat

Greenbedömningsprotokollet utökat med fler faktorer som användes hos Mölndals GK.

FAKTOR	1	2	3	4	5	Osv.
Ljus						
Luft rörelser						
Entrévägar						
Exitvägar						
Maskinvägar						
Hålkoppsplatser (% möjlig yta)						
Ytvattenavrinning (antal minst 5%)						
Lågpunkter (allvarliga/tendenser)						
Ytvatten IN (% av omkretsen)						
Närhet till öppet vatten, ev fontän						
Säkerhet?						
Lutning, väderstreck						
Övrigt						

7.3 Exempel, USGA analys från Eurofins



Journalnummer:

JS00099-101-11

Kundnummer:

80752

FA Bert Sandell

Kabelgatan 20

414 57 Göteborg

USGA	Kärndala	Möndal				USGA-kriterium
30 cm undertryck						
ASTM methods: F1632, F1815						
Provet ankom:	22-mar	22-mar	22-mar			
Provet färdigt:	07-apr	07-apr	07-apr			
Provets fuktighet (torrt, fuktigt, blött)	fuktigt	fuktigt	fuktigt			
>3,4 mm	0,6	0,1	0,7			
2-3,4 mm, fingrus	1,1	0,1	0,1			
1-2mm, mycket grov sand	2,6	1,6	5,9			
0.5-1.0 mm, grovsand	21,3	22,9	29,5			
0.25-0.50mm, medium sand	51,4	55,0	37,3			
0.15-0.25mm, finsand	8,6	15,2	17,7			<20%
0.05-0.15mm, mycket fin sand	10,9	3,5	7,0			<5%
silt och lera, <0,05 mm	3,4	1,5	1,7			<8%
>1.0mm	4,2	1,8	6,7			<10%
0.25-1.0mm, grov + medium sand	72,7	77,9	66,9			>60%
<0.15mm, fina partiklar	14,3	5,0	8,7			<10%
Perkolation, mm/h	96	307	239			>150 mm/h
Bulkdensitet, g/cm ³	1,23	1,58	1,52			
Luftfylld porositet, %v/v -30 cm	25,60	11,6	6,2			15-30%
Vattenfylld porositet, %v/v -30 cm	27,2	27,7	35,5			15-25%
Total porositet, %v/v	52,7	39,4	41,7			35-55%
Vattenhållande förmåga, %w/w -30 cm	22,1	17,6	23,4			
pH (H ₂ O), (SS-ISO 10390)	4,7	6	5,3			
P-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	3,3	3,5	<2,0			
K-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	6,3	3,5	3,5			
Mg-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	7,6	1,7	<1,0			
Ca-AL mg/100g (SS028310/SS028310T1)	19	23	<10			
Glödningsförlust (%) KLK 1965:1	3,7	1,4	1,4			

Förklaring: Värderna färgade rött uppfyller inte USGA:s krav på greenbyggnadsmaterial

Partikeldensiteten är uppskattad till 2,6 g/cm³

Ansvarig undersökare: Björn Gustavsson

Eurofins Food & Agro Sweden AB, Box 9024, Estrids väg 1, 291 65 Kristianstad

ANALYSINTYG



Bilaga: siktkurva (USGA) och kemisk analys

D:nr: JS000099-11

Ink: 2011-03-22

Exp: 2011-04-07

Uppdragsgivare: Bert Sandell

Adress: 0

Provmärkning: Kärrdala

Kemisk analys

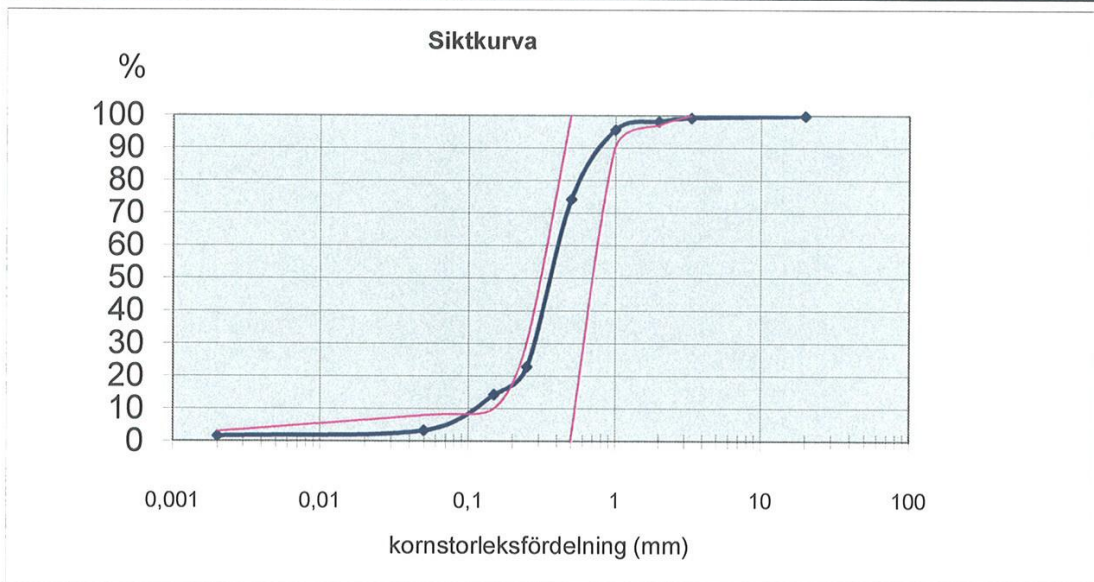
pH:	4,7	Beräknad katjonutbyteskapacitet (CEC)	
P-AL:	3,3 mg/100 g	(meqv/100g):	8,3
K-AL:	6,3 mg/100 g	Ungefärlig basmättnadsgrad (%):	21
Mg-AL:	7,6 mg/100 g		
Ca-AL:	19 mg/100 g		

Organiskt innehåll

Glödningsförlust (%)	3,7
----------------------	-----

Kornstorleksfördelning

Korngruppsfraktioner	Benämning	Halt i provet	USGA:s rekommendation	
diameter mm		fraktion %	Min	Max
<0,002	ler	1,6		3%
0,002-0,05	silt	1,8		5%
0,05-0,15	mycket fin sand	10,9		5%
0,15-0,25	finsand	8,6		20%
0,25-0,50	medium sand	51,4		
0,5-1,0	grovsand	21,3		
1,0-2,0	mycket grov sand	2,6		10%
2,0-3,35	fingrus	1,1		3%
>3,35	grus	0,6		
<0,15	finmaterial	14,3		10%
0,25-1,0	grov + medium sand	72,7	60%	
>1,0	grovmaterial	4,2		10%



ANALYSINTYG



Bilaga: siktkurva (USGA) och kemisk analys

Uppdragsgivare: Bert Sandell
Adress: 0

D:nr: JS000100-11
Ink: 2011-02-22
Exp: 2011-04-07

Provmärkning: Mölndal

Kemisk analys

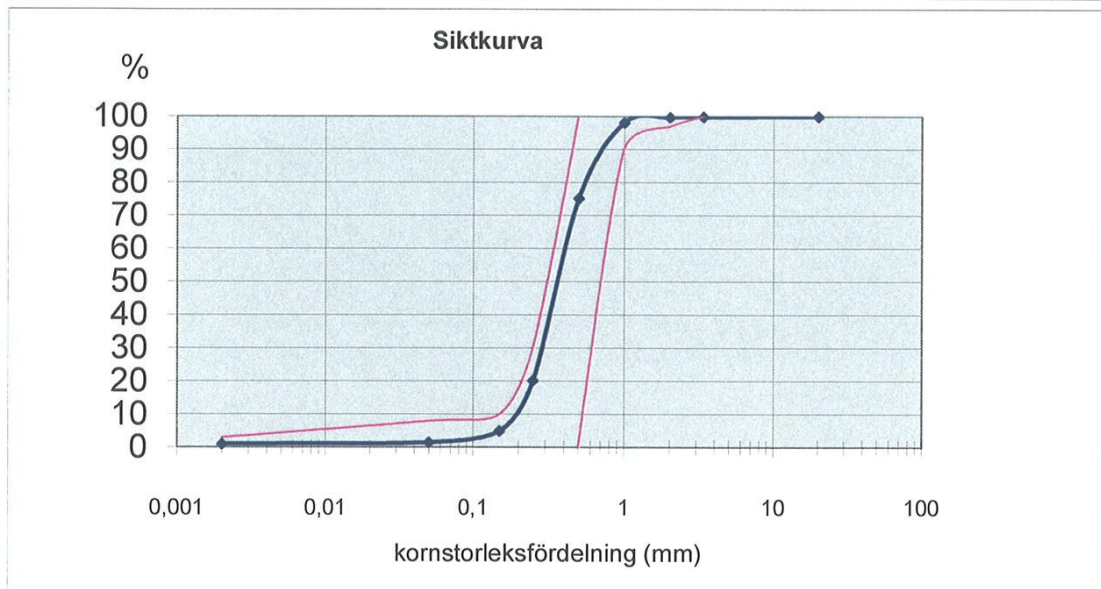
pH:	6	Beräknad kationutbyteskapacitet (CEC)	
P-AL:	3,5 mg/100 g	(meqv/100g):	4,5
K-AL:	3,5 mg/100 g	Ungefärlig basmättnadsgrad (%):	31
Mg-AL:	1,7 mg/100 g		
Ca-AL:	23 mg/100 g		

Organiskt innehåll

Glödningsförlust (%)	1,4
----------------------	-----

Kornstorleksfördelning

Korngruppsfraktioner		Halt i provet	USGA:s rekommendation	
diameter mm	Benämning	fraktion %	Min	Max
<0,002	ler	1,0		3%
0,002-0,05	silt	0,5		5%
0,05-0,15	mycket fin sand	3,5		5%
0,15-0,25	finsand	15,2		20%
0,25-0,50	medium sand	55,0		
0,5-1,0	grovsand	22,9		
1,0-2,0	mycket grov sand	1,6		10%
2,0-3,35	fingrus	0,1		3%
>3,35	grus	0,1		
<0,15	finmaterial	5,0		10%
0,25-1,0	grov + medium sand	77,9	60%	
>1,0	grovmaterial	1,8		10%



Blå linje visar provets sammansättning

De tunna linjerna i rött visar rimliga gränser (USGA) för växtbädden i en golfgreen,

7.4 Mätdata fukthalt green 27 Svalövs GK

Mätning av fukthalt i green nr 27 Svalövs Golfklubb 2010

Dag	Datum	Mätdjup, cm								Nederb.	Bevattn.
		10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	35 cm	40 cm	45 cm		
1	20100413	22,6	19,9	36,5	33,7	25,5	23,9	0,0	33,9		
2	20100414	19,0	16,3	28,2	25,4	22,8	21,2	0,0	38,8		
3	20100415	18,1	15,4	21,6	18,8	17,0	15,4	0,0	35,1		
4	20100416	17,5	14,8	19,0	16,2	14,7	14,1	0,0	34,2		
5	20100417	17,3	14,6	17,9	15,1	14,2	13,0	0,0	33,6		
6	20100418	17,0	14,3	16,7	13,9	13,6	12,0	0,0	33,0		
7	20100419	16,9	14,2	16,2	13,4	13,1	11,5	10,0	33,0		
8	20100420	16,7	14,2	16,0	13,4	12,8	11,4	9,8	32,4		
9	20100421	16,5	14,2	15,8	13,4	12,5	11,2	9,7	31,8		
10	20100422	16,3	14,3	15,6	13,3	12,2	11,0	9,5	31,2		
11	20100423	16,2	14,3	15,4	13,3	12,0	10,9	9,4	30,6		
12	20100424	16,1	14,4	15,2	13,3	11,7	10,7	9,3	30,0	5	
13	20100425	15,7	13,8	14,7	12,3	11,0	9,7	9,0	28,8		
14	20100426	15,3	13,1	14,1	11,3	10,3	8,6	8,6	27,6		
15	20100427	15,0	12,7	13,8	10,8	9,9	8,3	8,4	27,3		
16	20100428	14,6	12,3	13,4	10,2	9,4	7,9	8,2	27,0		6
17	20100129	14,8	12,3	13,8	10,1	9,3	7,8	8,4	26,5		6
18	20100430	14,9	12,3	14,1	10,0	9,2	7,7	8,6	26,0		
19	20100501	15,5	12,5	14,3	10,0	9,3	7,7	8,2	25,4		
20	20100502	15,3	12,4	14,1	10,0	9,1	7,5	8,2	24,9		
21	20100503	14,4	12,2	13,6	9,7	8,8	7,4	7,8	23,6		14
22	20100504	14,4	12,2	13,6	9,7	8,8	7,4	7,8	23,6	3	12
23	20100505	20,3	17,0	18,2	12,3	10,8	7,2	7,7	22,0		10
24	20100506	20,8	18,9	19,9	16,9	16,9	11,0	9,9	22,7		
25	20100507	22,2	20,2	23,5	22,6	23,9	16,6	18,6	38,9	4	
26	20100508	21,7	19,8	23,1	23,4	24,5	18,4	20,4	39,4	5	
27	20100209	20,7	19,1	22,4	22,9	24,1	19,5	20,4	39,1		
28	20100510	19,7	18,4	21,6	22,4	23,7	20,6	20,3	38,7		
29	20100511	20,1	18,8	21,9	22,7	24,0	20,4	20,7	38,4		
30	20100512	20,5	19,2	22,2	23,0	24,3	20,2	21,2	38,0	10	
31	20100513	20,8	19,6	22,6	23,4	24,7	20,0	21,6	37,8		
32	20100514	21,0	19,8	22,8	23,6	24,9	20,2	21,8	38,0	2	
33	20100515	21,5	20,2	23,2	24,1	25,4	20,7	22,3	38,5	15	
34	20100516	20,7	19,5	22,7	23,9	25,3	20,6	12,8	34,3		
35	20100517	20,6	19,6	22,5	23,9	25,2	22,3	15,2	34,1		
36	20100518	20,5	19,8	22,4	23,9	25,2	22,0	17,5	33,9		
37	20100519	19,6	19,1	21,2	22,9	24,3	23,0	17,5	33,0		
38	20100520	18,7	18,4	20,0	21,9	23,4	24,1	17,4	32,0		

39	20100521	18,7	18,4	20,0	21,9	23,0	24,1	17,4	32,0		
40	20100522	19,2	19,4	21,3	19,8	23,0	22,7	32,7	20,7	4	
41	20100521	18,8	18,8	20,0	19,9	22,3	23,0	30,7	26,8		
42	20100524	18,3	18,2	18,6	20,0	21,6	23,2	28,7	32,8	2	
43	20100525	17,4	17,9	18,4	17,7	19,8	19,3	29,2	33,0		
44	20100526	16,5	17,5	18,2	17,4	17,9	15,4	29,6	33,2		
45	20100527	17,5	17,7	18,3	17,5	18,0	15,4	29,3	33,1		
46	20100528	18,0	18,0	18,4	17,6	18,1	15,5	29,0	33,0		
47	20100529	17,9	17,8	18,4	17,6	18,6	15,2	29,6	34,3	14	
48	20100530	17,3	17,6	18,4	17,5	19,1	15,2	30,2	35,6		
49	20100531	16,8	17,4	18,4	17,5	17,9	15,3	30,9	36,8		
50	20100601	16,6	16,7	17,7	16,0	16,2	13,1	26,9	34,3		
51	20100602	16,4	16,9	17,9	16,5	16,7	13,7	27,1	35,8	4	
52	20100603	14,1	15,7	16,3	14,1	13,4	11,7	23,1	31,5		
53	20100604	13,6	13,9	15,1	12,4	11,5	10,0	20,8	28,0		
54	20100605	12,5	12,1	13,9	10,7	9,6	8,3	18,5	24,5		
55	20100606	11,4	10,3	12,7	9,0	7,7	6,6	16,2	21,0		
56	20100607	17,9	20,2	21,5	23,4	22,2	20,1	35,9	40,4	28	
57	20100608	17,4	19,7	21,0	22,9	21,7	19,6	35,4	39,1		
58	20100609	16,9	17,8	19,4	20,6	19,5	19,3	33,6	38,4		
59	20100610	17,4	18,3	19,9	21,6	20,0	19,8	34,1	38,9	12	
60	20100611	17,6	18,5	21,1	21,8	20,2	20,0	34,3	40,0	8	
61	20100612	16,9	18,8	20,8	22,8	21,9	25,1	37,4	36,8	5	
62	20100613	15,0	17,6	19,8	20,7	20,3	25,2	35,3	37,3		
63	20100614	15,5	17,2	19,5	20,2	20,8	24,3	34,3	36,8	2	
64	20100615	15,9	16,8	19,1	19,6	19,3	23,4	33,3	36,2		
65	20100616	15,8	16,5	18,6	18,9	18,7	22,4	33,2	36,0		
66	20100617	15,7	16,2	18,1	18,2	18,1	21,3	33,0	35,7		
67	20100618	15,6	15,9	17,7	17,4	17,4	20,3	32,9	35,5		
68	20100619	15,2	15,5	17,3	17,0	17,0	19,9	32,5	35,0		
69	20100620	15,6	15,9	17,7	17,4	17,4	20,3	32,5	35,5	6	
70	20100621	15,6	15,9	17,7	17,4	17,4	20,3	32,5	35,5	1	
71	20100622	15,5	15,3	16,9	15,5	15,3	19,0	28,8	33,6		
72	20100623	15,4	14,6	16,1	13,5	13,2	17,7	25,1	31,8		

Anmärkningar

Vid mätning # 44 rubbades röret i greenen, mätvärdena justerade + 2 enheter.

Dräneringsvatten från green # 7 noterades vid mätning nr. 24 och nr. 56, Fältkapacitet